

14:1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA LA
INSTALACION DE UNA PLANTA DE
EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL
DE LIMON.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
AGUSTIN ABUNDIS LUNA

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E .

PAGINA

INTRODUCCION

2

CAPITULO I
GENERALIDADES

1. - Presentación,

5

2. - Historia del Cultivo de Limón y su Introducción en
México,

6

3. - Características Botánicas y de Cultivo.

8

4. - Regiones Productoras en México,

10

5. - Tecnología Industrial para la Explotación Integral
de Frutas Cítricas,

14

5.1. - Descripción de los Principales Productos,

5.2. - Descripción del Proceso,

5.3. - Descripción del Equipo y Eficiencia del Pro-
ceso, Diagrama de Flujo Simplificado del
Proceso Integral

5.4. - Datos de Industrialización de Limón en Méxi-
co,

5.5. - Comentarios sobre la Tecnología de Explota-
ción de Cítricos a partir de Cáscara Recicla-
da.

6. - Generalidades sobre los Aceites Esenciales,

29

7. - Desterpenación de Aceites Esenciales,

31

8. - Características Particulares del Aceite Esencial de
Limón,

33

| | |
|--|----|
| 8.1. - Aceite Esencial de Limón Destilado, | |
| 8.2. - Aceite Esencial de Limón Centrifugado, | |
| 8.3. - Naturaleza y Origen de las Diferencias entre ellos, | |
| 9. - Especificaciones que debe cumplir el Aceite Esencial de Limón, Especificaciones Comerciales, | 37 |
| 10. - Usos, | 39 |
| CAPITULO II. | |
| ESTUDIO DE MERCADO. | |
| 1. - Presentación, | 41 |
| 2. - Determinación de los Centros de Consumo y Producción del Aceite Esencial de Limón, Mercado Potencial, | 42 |
| 2.1. - Estudio de la Demanda, Determinación de Centros de Consumo, | |
| 2.2. - Estudio de la Oferta, Determinación de los Centros de Producción, | |
| 2.3. - Distribución y Comercialización, | |
| 3. - Mercado Internacional, | 48 |
| 4. - Análisis de Consumo Aparente, | 49 |
| 5. - Evolución de los Precios Promedio Internacionales del Aceite Esencial de Limón, | 52 |
| 6. - Monitoreo de Mercado, | 55 |
| 7. - Disponibilidad de Materia Prima, | 57 |
| 8. - Localización de la Planta, | 57 |

CAPITULO III,
SELECCION DEL PROCESO DE OBTENCION,
EVALUACION DE TECNOLOGIA EXISTENTE.

- 1. - Presentación. 61
- 2. - Métodos Generales para la Obtención de Esencias, 61
 - 2.1. - Procedimientos de Extracción de Esencias, completamente Formadas,
 - 2.1.1. - Estrujado ó Expresión,
 - 2.1.2. - Destilación,
 - 2.1.3. - Maceración,
 - 2.1.4. - Extracción.
 - 2.2. - Procedimientos para la Obtención de Aromas que se forman en el Proceso de Fabricación.
 - 2.2.1. - Enflorado,
- 3. - Tecnología Existente para la Extracción de Aceite Esencial de Limón. 68
 - 3.1. - Procedimientos que Operan Sobre el Fruto Entero,
 - 3.1.1. - Procedimientos Manuales,
 - 3.1.2. - Procedimientos Mecánicos,
 - 3.2. - Procedimientos que Operan Sobre la Cáscara,
 - 3.2.1. - Procedimientos Manuales,
 - 3.2.2. - Procedimientos Mecánicos,
- 4. - Procesos Tecnológicos Viables. 77

- 4.1. - Proceso de Obtención de Aceite Destilado.
 - 4.2. - Proceso de Obtención de Aceite Centrifugado
Tipo R,
 - 4.3. - Proceso de Obtención de Aceite de Limón
por Estrujado y Evaporación.
5. - Análisis Técnico de los Procesos Viables, 85

CAPITULO IV.
ESTUDIO ESTADISTICO DE DISPONIBILIDAD DE CASCARA
DE DESECHO.

- 1. - Presentación, 90
- 2. - Fundamento Conceptual Estadístico de Análisis de
Varianza 90
 - 2.1. - Clasificación Simple o Experimentos de un
Factor.
 - 2.1.1. - Variación Total, Variación dentro de Tra-
tamientos, Variación entre Tratamientos,
 - 2.1.2. - Modelo Matemático Lineal para Análisis
de Varianza.
 - 2.1.3. - Valores Esperados de las Variaciones.
 - 2.1.4. - Ensayo F para las Hipótesis Nulas de Medias
Iguales.
 - 2.1.5. - Tablas de Análisis de Varianza.
 - 2.2. - Clasificación Doble o Experimentos de dos
Factores.
 - 2.2.1. - Notación para Experimentos de dos Factores.
 - 2.2.2. - Variación para Experimentos de dos Factores.
 - 2.2.3. - Análisis de Varianza para Experimentos de
dos Factores.

| | |
|---|-----|
| 3. - Observaciones de la Recolección (Encuestas), | 104 |
| 4. - Presentación de Datos Obtenidos en Campo y Análisis de los mismos. | 105 |
| 5. - Interpretación y Conclusiones de Resultados. | 110 |

CAPITULO V.

INGENIERIA BASICA Y ESPECIFICACION DE EQUIPO.

| | |
|--|-----|
| 1. - Bases de Diseño, | 117 |
| 2. - Balance de Materia. | 119 |
| 3. - Diagrama de Flujo. | 119 |
| 3.1. - Lista General de Equipo. | |
| 4. - Cálculo y Selección de Equipo. | 125 |
| 4.1. - Tanques de Almacenamiento y Proceso. | |
| 4.1.1. - Tanque de Almacenamiento de Agua de Proceso, TA -101. | |
| 4.1.2. - Tanque de Recepción de Emulsión TA -202. | |
| 4.1.3. - Tanque de Lavado y Enjuagado TA -201. | |
| 4.1.4. - Recipiente Colector- Lavador de Cáscara RC-201. | |
| 4.2. - Selección y Cálculo del Filtro. | |
| 4.3. - Selección y Cálculo de las Bombas. | |
| 4.3.1. - Bomba de Alimentación de Emulsión B-201. | |
| 4.3.2. - Bomba de Alimentación de Agua de Proceso B-101. | |
| 4.3.3. - Selección del Tipo de Bomba más Adecuado a cada Servicio. | |

| | |
|--|-----|
| 4.4. - Selección de la Máquina "Sfumatrice"MS-201 . | |
| 4.5. - Selección y Cálculo de la Centrífuga CE-201. | |
| 5. - Cálculo y Selección del Equipo de Servicios Auxiliares, | 147 |
| 5.1. - Selección y Cálculo del Compresor. | |
| 5.2. - Selección de la Desmineralizadora. | |
| 6. - Hojas de Especificación, | 151 |
| 7. - Estudio de Distribución de Planta. | 158 |

CAPITULO VI.
ESTUDIO ECONOMICO.

| | |
|---|-----|
| 1. - Presentación, | 161 |
| 2. - Estimación de Inversión Total del Proyecto, | 161 |
| 2.1. - Estimación de Gastos Preoperativos, | |
| 2.2. - Estimación de Inversión Fija, | |
| 2.3. - Estimación de Capital de Trabajo, | |
| 3. - Estimación de Costos y Presupuestos de Operación, | 166 |
| 3.1. - Presupuesto de Ingresos, | |
| 3.2. - Presupuesto de Egresos, | |
| 3.2.1. - Costos de Operación, | |
| 3.2.2. - Cargos Fijos de Inversión, | |
| 3.2.3. - Cargos Fijos de Operación, | |
| 3.2.4. - Gastos Generales, | |
| 4. - Punto de Equilibrio, | 174 |
| 5. - Estimación del Costo Unitario de Producción, | 178 |
| 6. - Cálculo de la Tasa Interna de Retorno, Estudio de Sensibilidad, | 179 |
| 7. - Consideraciones Finales, | 185 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| CAPITULO VII. | |
| CONCLUSIONES GENERALES. | 188 |
| ANEXOS. | 190 |
| BIBLIOGRAFIA. | 202 |

INTRODUCCION

INTRODUCCION

¿Cómo un tema tan viejo y discutido como el "Aceite Esencial de Limón" puede tomar tanta actualidad e interés como para motivar la realización de una tesis sobre el particular? Esta es la pregunta que cualquier profesor o estudiante de química podrá hacerse al ver el título de este trabajo y al principio parecería difícil de responder. Sin embargo, si analizamos algunos aspectos de panorama económico e industrial de nuestro país en el presente momento, conseguiremos justificar la necesidad de este estudio y su trascendencia en el corto plazo.

Mucho se habla sobre la necesidad de producir en nuestro país las materias primas que importamos, sin embargo, contrariamente a estas declaraciones, muy poco se ha podido avanzar para lograr este objetivo debido entre otros factores a la falta de liquidez que sufren las empresas, a la falta de información técnica y personal capacitado y a la falta de una política económica realista. Todo esto se ha combinado para que los mexicanos sigamos importando la gran mayoría de las materias primas que requerimos, encontrándose paradójicamente entre ellos, las de origen vegetal como los aceites esenciales.

Al pensar en posibles soluciones, somos muy dados a pensar en grandes plantas, con capacidad suficiente y tecnología avanzada, lo cual convierte a estas, en soluciones a largo plazo que en la mayoría de los casos no llegan a concretarse por razones financieras, a pesar de que existen mercados muchas veces libres de toda competencia y con una gran amplitud.

Dada la gravedad de la crisis que estamos atravesando, se deben plantear soluciones realistas y a corto plazo, de ahí que he visto una gran oportunidad en el "Aceite Esencial de Limón", al ser un producto sobre el cual existe en el país suficiente información y experiencia en su obtención, además de que esta tesis propone su producción desde un punto de vista completamente realista, en una planta pequeña a partir de cáscara de limón de desecho, lo cual hace que nuestra materia prima tenga un costo nulo por sí.

Este enfoque de reciclar un material de desecho es un campo virgen en México que debe ser explotado. Basteme decir que cada semana y solo en la Cd. de México se recolectan 40000 TONS. de basura de las cuales una pequeña pero significativa parte corresponde a cáscara de limón utilizada en restaurants, taquerías, y demás expendios, amén de las que se desechan en casa. Por otra parte de ninguna manera se puede pensar en que una pequeña empresa dedicada a esta actividad sea una empresa de segunda, baste nuevamente referirnos a la experiencia que en este campo tienen países tecnológicamente avanzados como Japón o USA. quienes a partir de basura y desperdicios han adaptado y desarrollado su tecnología para producir ladrillos de construcción, láminas térmicas, etc.

En México, ya se han logrado algunos éxitos en este sentido al producirse papel y láminas de techado a partir de celulosa y polietileno -reciclados.

Es por ello que la obtención de "Aceite Esencial de Limón" a partir de cáscara de desecho, parece una idea económica y tecnológicamente atractiva que este trabajo pretende estructurar y consolidar en el corto --plazo, utilizando para ello la experiencia en la producción de aceite de primera mano y pretendiendo la creación de una empresa pequeña que con poco capital pueda ser muy rentable.

Este es el objetivo de la presente tesis que incluirá un análisis de la tecnología existente, un análisis de disponibilidad de la cáscara usada, así como la ingeniería básica de planta y la evaluación económica de la empresa propuesta, esperando con ello que sea un trabajo susceptible de llevarse a la práctica.

CAPITULO I
GENERALIDADES

CAPITULO I GENERALIDADES

1.- Presentación

En el panorama del crecimiento industrial mexicano hay una omisión inexplicable, los productos naturales. Nuestro país aún siendo rico en variedad de climas y suelos, no es autosuficiente en la mayoría de las materias primas de origen vegetal que se emplean en las industrias farmacéutica, cosmética y alimenticia.

Dentro de esta vasta gama de productos que abarca desde colorantes y saborizantes hasta alimentos, encontramos a los aceites esenciales. Estos, son los principales componentes de los perfumes, además de tener una extensísima aplicación como saborizantes de alimentos sintéticos y en algunos casos, como el principal activo de varios medicamentos.

A la fecha México importa principalmente 17 tipos de aceites esenciales y oleaginosos (ricino, soya, patchouly, bergamota, citronela, eucalipto, geranio, lavanda, lavandín, limón, menta, petitgrain, yerbabuena, -- caucho y creosota), además de varios saborizantes de frutas aunque en menor escala.

Las importaciones solo en el renglón de los principales aceites - citados alcanzó un volumen de 663 toneladas en 1980 por un valor total de 399 millones de pesos, que tras las devaluaciones sucesivas de nuestra moneda representan a la fecha una fuga de divisas equivalente a 15 851 millones de pesos, (tomando en cuenta una paridad de \$25/ US. dólar para 1980 y -- \$1169/US. dólar en abril 1987).

Si bien hay que decir que las plantas de las que se extraen algunos de estos aceites no son nativas de nuestro país y que los esfuerzos por aclimatarlas han fracasado, existen casos como el de la yerbabuena, el limón y el eucalipto en los que verdaderamente podríamos estar en la posibilidad de ser autosuficientes.

Sin embargo, los problemas que atraviesa el agro mexicano como lo son el caciquismo, la invasión de tierras, la falta de sistemas de riego, etc.

han frenado el desarrollo de esta industria al no poderse garantizar la necesaria estabilidad para su operación, basada en materias primas vegetales que no corresponden a productos comestibles como frutos y legumbres.

Es por ello, que en el futuro inmediato no se vislumbran condiciones adecuadas para producir aceites esenciales en el país, a excepción de aquellos que se obtienen a partir de ciertas legumbres y frutos cítricos, específicamente ajo, apio, cebolla, naranja y limón.

Con respecto a este último, en el cual centramos nuestra atención, daremos en las secciones siguientes información sobre su producción como fruto, características botánicas de la planta, zonas de cultivo, así como características particulares del aceite esencial de limón y algunas generalidades sobre lo que son los aceites esenciales.

2.- Historia del Cultivo de Limón y su introducción en México.

Sobre el origen de los frutos cítricos, se puede afirmar que casi todas las especies proceden de las regiones tropicales del Lejano Oriente e Insulindia. En esta zona y específicamente en China, ya se cultivaban 27 variedades hacia finales del siglo XII de nuestra era.

En Europa, la primera fruta cítrica en ser introducida fue la cidra proveniente de Palestina hacia el siglo III A.C., posteriormente los árabes introdujeron la toronja y el limón de la India a las zonas mediterráneas del Norte de Africa y la Península Ibérica y finalmente, el advenimiento de las cruzadas aumentó el número de variedades y estableció su cultivo definitivo a lo largo de toda la Europa Mediterránea.

Hacia finales del siglo XV, España había extendido el cultivo de estas plantas en forma particularmente exitosa, de ahí que Cristóbal Colón introdujese sus semillas en la isla de la Española hoy Sto. Domingo, apenas en su segundo viaje a América (1493). A partir de este punto, los españoles difundieron los cítricos a otras islas antillanas, Florida, el Golfo de México y California.

A

TESIS PROFESIONAL

DIFUSION DE LOS CITRICOS POR EL MUNDO
PROYECTO STEARL

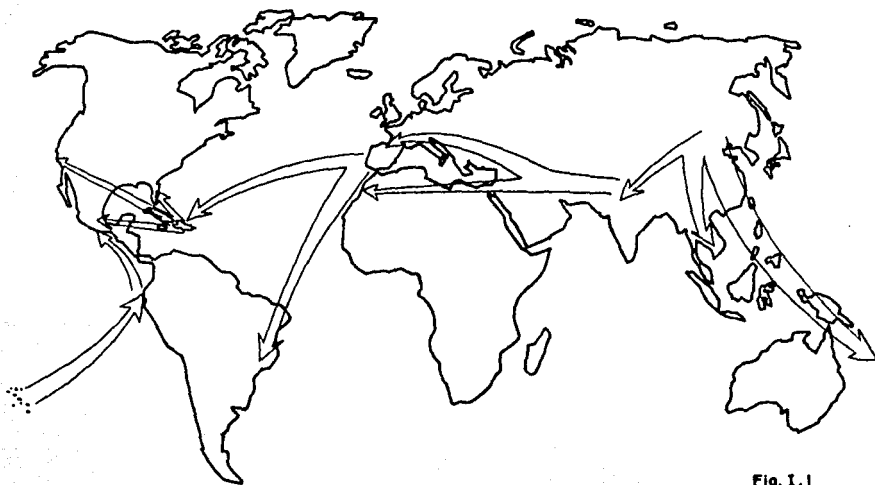


Fig. I.1

En Sudamérica fueron los portugueses quienes introdujeron estos frutos a través de huertas en el Brasil hacia mediados del siglo XVI.

En México, el árbol productor de lima ácida ya crecía en forma silvestre, principalmente en las selvas y regiones tropicales de la costa del Pacífico, antes de la llegada de los españoles. Se cree que haya llegado a la costa oeste de nuestro país desde el norte de Sudamérica a donde pudo ser llevada por los polinesios desde las islas del sur.

Por otra parte, en las Cartas de Relación de Hernán Cortés al emperador Carlos V se habla que en la Ciudad de Segura de la Frontera (hoy Frontera, Tab) se dieron las primeras plantas de semi--llas que sus soldados accidentalmente habían dejado caer. Esto indica que los cítricos fueron de las primeras variedades en ser introducidas por los españoles.

A pesar de todo lo anterior, no fue sino hasta 1870 cuando se establecieron las primeras plantaciones con fines comerciales - cerca de Acapulco iniciándose la exportación de limón a los EUA - en 1875. A partir de esta fecha la industria explotadora del limón creció en forma lenta pero constante hasta 1910, año en que - la Revolución hiciera que prácticamente se perdiera el comercio - de esta fruta con E.U.A. Al término de la contienda, se iniciaron un gran número de plantaciones en Colima y Michoacán, utilizándose ahora el tren como medio para hacer los embarques.

A partir de la década de los años 30's, México ha ocupado un lugar preponderante en la producción mundial de lima ácida y desarrollando una floreciente industria basada en ella.

3.- Características Botánicas y de Cultivo.

Citrus Aurantifolia Swingle es el nombre de la especie vegetal productora de lima ácida en nuestro país. Pertenece al género citrus de la familia de las rutáceas, el cual comprende otras 7 especies - más a saber:

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| - Citrus Limonum Risso | (Limón) |
| - Citrus Sinensis (Linn) Osbeck | (Naranja Dulce) |
| - Citrus Medica Linn | (Cidra) |
| - Citrus Nobilis Andrews | (Tangerina) |
| - Citrus Maxima Merr | (Toronja) |
| - Citrus Bergamia Risso | (Bergamota) |
| - Citrus Grandis (Linn) Osbeck | (Pomelo) |

El Citrus Aurantifolia Swingle es un árbol de poca altura de corteza color castaño, consistencia leñosa y ramas espinosas. Sus hojas son elípticas con borde ligeramente dentado y un color verde lustroso. Sus flores nacen en racimos de entre 3 y 10, son de color blanco y tienen 4 ó 5 pétalos, los cuales al ser fecundados, generan un fruto oblongo de color verde amarillento, generalmente con pepón, que madura irregularmente a lo largo de todo el año. Su cáscara es delgada, su pulpa ácida y sus semillas pequeñas y terminadas en punta.

El rango de altitud más recomendable para el cultivo de este árbol va desde el nivel mar hasta los 2000 ft (600 m) sobre el nivel del mar, aunque también puede darse a altitudes mayores en zonas con agua abundante y clima cálido, ya que el frío los mata.

El tipo de suelo más conveniente es aquel rico en humus y carbonato de calcio, conteniendo un poco de arcilla, lo que le da un color oscuro. En México, este tipo de suelo se encuentra preferentemente en la costa del Pacífico, donde se ha formado a partir de sedimentos fluviales y aluviones volcánicos.

Para su siembra, la semilla debe plantarse en una maceta o invernadero especial donde se le provea de agua en abundancia. Después de 8 meses como mínimo, las simientes germinadas se trasplanta a campo abierto durante la época de lluvias, cuidando que se deje una distancia mínima de 6 m entre ellas y de 8 m. entre los surcos.

Bajo condiciones ideales, los árboles entran en producción después de 4 años y alcanzan su máxima capacidad en el sexto o séptimo año, en tanto que su tiempo de vida productiva alcanza fácilmente los 70 años.

Las temporadas de cosecha varían de acuerdo a si las tierras son de riego o de temporal. Para aquellas que cuentan con riego, la cosecha se realiza en forma continua durante todo el año, en tanto que en las de temporal se debe llevar a cabo durante la época de lluvias que en nuestro país va desde junio hasta octubre.

A pesar de ello, los principales estados productores ya tienen fechas preestablecidas por la costumbre para sus cosechas, así por ejemplo, en Colima se realiza en julio y agosto, en Guerrero una parte se lleva a cabo en mayo y otra en septiembre y finalmente en Veracruz y Tamaulipas se hace en enero.

El rendimiento promedio obtenido por árbol, una vez que se ha alcanzado su producción plena, es de entre 50 y 75 kg. de fruta por año, aunque en algunos árboles este rendimiento puede aumentar hasta 200 kg.

4.- Regiones Productoras en México.

La producción de cítricos se logra en regiones del país dotadas de clima templado lluvioso y tropical lluvioso con invierno seco, sobre tierras ricas en humus. Estas regiones se localizan sobre las costas del Pacífico al sur del trópico de Cáncer y en la porción media de la Cuenca del Balsas, así como en la parte norte de la vertiente del Golfo de México abarcando los estados de Michoacán, Colima, Guerrero, Jalisco, Sinaloa, Nayarit, Oaxaca, Veracruz, Tamaulipas y Nuevo León.

De todos los estados anteriormente mencionados, Colima y Michoacán se distinguen por ser los de mayor producción aportando entre ambos más del 50% de la producción total del país.

A

TESIS PROFESIONAL

ZONAS DE PRODUCCION DE LIMON EN
MEXICO.
PROYECTO - ETEAEL



Fig. I.2

La producción de limón y otros datos interesantes del cultivo en estas entidades se presentan en la tabla I.1.

Esta alta producción es comprensible si se toma en cuenta - que en Michoacán, tan solo en los alrededores de Nueva Italia y la Lombardia, existen más de 200,000 árboles. Colima por su parte cuenta con más de 500 000, repartidos en plantaciones que a veces llegan a contar con más de 40 000 árboles. En volumen de producción, los estados que les siguen son Guerrero, Veracruz y Nuevo León. En el primero se cultivan más de 200 000 árboles muchos de los cuales son silvestres, en tanto que en los dos últimos se considera que existen más de 300 000 árboles.

El Conafrut establece que para el año de 1985 se tuvo en el país una producción total de limón de 629 280 Tons., en tanto que se exportaron casi 14 000 Tons. de fruta fresca. Los volúmenes de exportación de fruta fresca se presentan a continuación en la tabla I.2.

Tabla I.2.

| AÑO | VOLUMEN (TON) | VALOR (Miles de Pesos) |
|------|---------------|------------------------|
| 1975 | 3 536 | 6 497 |
| 1976 | 4 209 | 8 140 |
| 1977 | 5 543 | 11 111 |
| 1978 | 10 445 | 19 803 |
| 1979 | 9 726 | 25 970 |
| 1980 | 13 221 | 33 107 |
| 1981 | 13 730 | 38 556 |
| 1982 | 5 582 | 32 377 |
| 1983 | 13 696 | 201 443 |

Tabla I.1

Producción Nacional de Limón Agrío por Estado

Colima.

| AÑO | Superficie (Ha) | Rendimiento Kg/ha | Producción Ton | Precio \$/Ton | Valor \$(miles) |
|------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| 1975 | 48 664 | 9 018 | 438 857 | 1060 | 464,456 |
| 1976 | 45 246 | 9 413 | 425 895 | 1291 | 549,853 |
| 1977 | 49 680 | 8 950 | 444 642 | 2110 | 936,463 |
| 1978 | 47 059 | 8 739 | 411 254 | 3202 | 1'316,698 |
| 1979 | 51 403 | 9 102 | 467 917 | 2862 | 1'309,481 |
| 1980 | 57 311 | 9 858 | 564 972 | 3813 | 2'154,197 |
| 1981 | 58 090 | 10 582 | 614 705 | 4885 | 3'002,834 |
| 1982 | 62 100 | 9 347 | 580 500 | 7180 | 4'167,990 |
| 1983 | 69 500 | 10 500 | 729 750 | 9500 | 6'932,625 |

Michoacán.

| AÑO | Superficie (Ha) | Rendimiento Kg/ha | Producción Ton. | Precio \$/Ton. | Valor \$(Miles) |
|------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1975 | 3 009 | 9 552 | 28 743 | 1220 | 34 953 |
| 1976 | 3 459 | 10 787 | 37 312 | 1197 | 44 688 |
| 1977 | 3 452 | 10 765 | 37 160 | 1720 | 64 017 |
| 1978 | 3 169 | 11 739 | 37 204 | 1871 | 69 617 |
| 1979 | 3 005 | 11 770 | 35 371 | 3670 | 131 142 |
| 1980 | 2 779 | 10 919 | 30 344 | 4714 | 143 040 |
| 1981 | 2 189 | 7 558 | 16 545 | 4755 | 78 679 |
| 1982 | 3 250 | 11 513 | 37 420 | 6990 | 261 565 |
| 1983 | 3 000 | 10 500 | 31 500 | 11250 | 354 344 |

5.- Tecnología Industrial para la Explotación Integral de Frutas Cítricas.

Los procedimientos para el aprovechamiento de los cítricos, son tan antiguos como su cultivo. Las metodologías para preparar licores, confituras y otras conservas, ya eran una práctica casera de la Europa renacentista, en tanto que la utilización de sus aceites esenciales en perfumería se inició hacia principios del siglo XVI.

A pesar de su antigüedad, esta tecnología evolucionó muy lentamente hasta la segunda mitad del siglo XIX en que se implementaron los primeros procesos industriales, posteriormente, en el siglo XX se le dió un fuerte impulso, aumentando el número de productos a obtener y alcanzando un grado de sofisticación que permite en nuestros días el aprovechamiento integral de estos frutos en forma prácticamente automática.

Los líderes a nivel mundial en cuanto a tecnología de los cítricos son E.U.A. a través de la empresa FMC Corp. y las naciones europeas del mediterráneo entre las que destaca Yugoslavia a través de la empresa Jedinstvo Z.G.B.

Ambas corporaciones ofrecen tecnología de las llamadas "Llave en Mano" para la industrialización de cítricos en modernas "Plantas-Paquete" por las que llegan a dar aún la facilidad de alquilarlas por 5 años.

La tecnología instrumentada en ellas, permite la obtención de una gran variedad de productos entre los que podemos contar los siguientes: aceite esencial, jugo, pulpa, forraje para ganado, ácido cítrico, citrato de calcio, bioflavonoides, pectina, aceite de semilla, cáscara en salmuera y cristalizada, melaza, alcohol, conservas y mermeladas.

El proceso de obtención de los primeros 4 productos mencionados anteriormente, constituye el tronco común del que se parte para obtener el resto. Este proceso se ejemplifica en el diagrama de bloques de la Fig. I.3 y se implementa en plantas prearmadas como la que se muestra en la Fig. I.4. En ella, generalmente se procesa fru

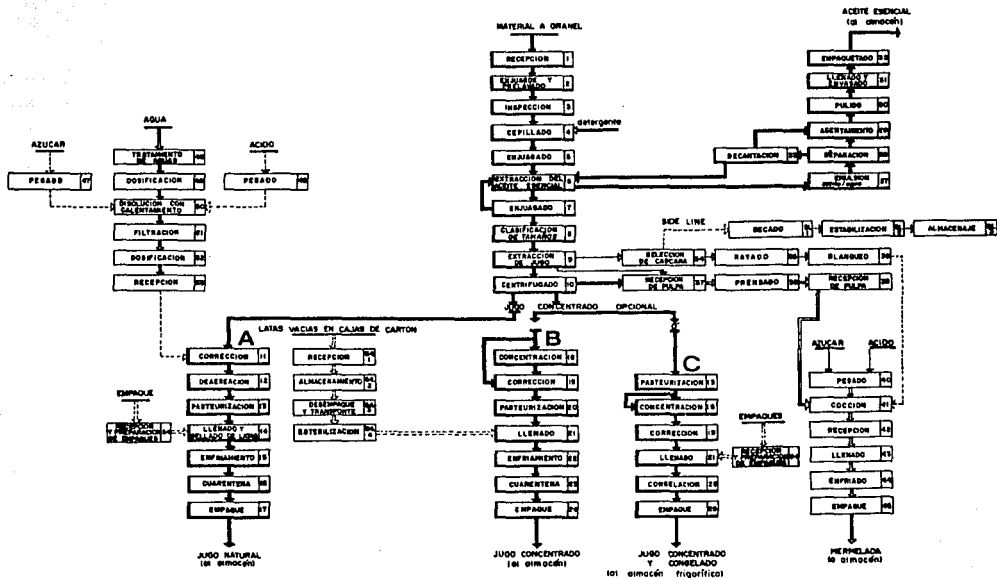
A

TESIS PROFESIONAL

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION INTEGRAL DE FRUTAS CITRICAS.

PROYECTO ETEAEL.

Fig.I.3.



A

TESIS PROFESIONAL
LAY-OUT PLANTA PAQUETE
PARA PROCESAR 10 Ton / hr DE CITRICOS
PROYECTO EYEAEI

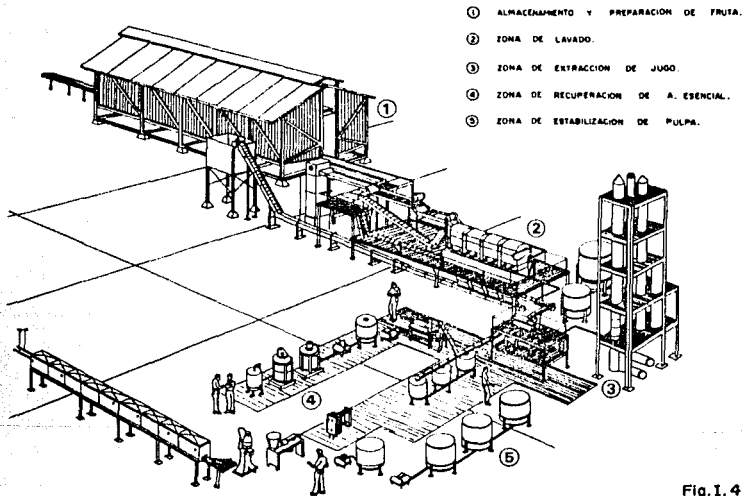


Fig. I. 4

ta del tipo "industrial", las cuales son más grandes de lo normal, poseen la cáscara maltratada o bien no es posible conservarlas en buen estado por mucho tiempo más. En el caso particular del limón, este tipo de fruto favorece la producción de jugo, forraje y pulpa en tanto que reduce el rendimiento de aceite esencial, pectina y cáscara en salmuera. Esto nos indica que dependiendo del derivado que se pretenda producir hay que seleccionar el tipo de fruto más adecuado entre verde, maduro o industrial.

A continuación se describirá el proceso de industrialización paso por paso, así como las características de los principales productos a obtener.

5.1.- Descripción de los Principales Productos.

JUGO

El jugo del limón contiene en solución principalmente azúcar (sacarosa y glucosa), ácidos orgánicos en buena cantidad (ácido cítrico principalmente) y materia mineral soluble o cenizas; existen también pequeñas porciones de otras sustancias orgánicas como vitaminas, glucósidos, enzimas, etc. consideradas como sólidos solubles totales.

El color del jugo de limón es verde claro, el cual es impartido por cromoplastos disueltos que estaban presentes en las células de la pulpa y la cáscara.

La industria cítrica ha aceptado como grado de madurez la ración existente entre los contenidos de azúcar y ácido en el jugo.- Algunas otras características de este son:

| | |
|---|--------|
| Densidad Relativa (20°C) | 1.037 |
| Acidez Titulable (g/ml ac. cítrico anhidro) | 0.820 |
| Sólidos Disueltos (Grados Brix a 20°C) | 11.730 |
| Sólidos en Suspensión (%v/v) | 10.832 |
| Contenido de ácido ascórbico (p.p.m.) | 248.0 |
| Contenido de aceite esencial (MLQ/litro) | 0.348 |

ACEITE ESENCIAL

El Aceite esencial de limón es una mezcla de substancias en las que se encuentran algunos compuestos no saturados como los terpenos, -- que con el tiempo se polimerizan y resifican fácilmente produciendo gomas, con perjuicio del aroma y de la fragancia.

El oxígeno del aire tiene un efecto oxidante directo sobre el aceite almacenado. La luz afecta el olor y la fragancia del aceite al actuar sobre las dobles ligaduras y ambos procesos se ven acelerados por el calor. Por éstas razones los garrafones conteniendo el aceite esencial se pasarán a un cuarto con refrigeración para su almacenamiento. Si los recipientes son de vidrio este deberá ser de color ámbar de preferencia.

Sobre el aceite esencial de limón, su composición y características hablaremos más adelante en forma más profunda.

FORRAJE

La corteza de limón a la que se le ha extraído el aceite esencial se pasa a un secador rotatorio para extraerle humedad y poder disponer de ella para su venta como forraje para ganado.

El análisis químico de las cortezas desecadas muestra un contenido bajo en proteínas y grasa, mientras que su porcentaje de hidratos de carbono es muy elevado. Por término medio contienen un 6% de proteína, 1% de grasa, 15% de celulosa y un 65% de extracto no nitrogenado del que más del 30% son azúcares.

Las substancias minerales presentes son: fósforo, potasa y cal.

Aunque la pulpa y el forraje se emplean generalmente para alimentación de los animales en general, su mayor consumo lo efectúa el ganado lechero siendo excelentes los resultados obtenidos en cuanto se refiere a producción de leche y alimentación de las vacas. Los atractivos más notables que ofrecen estos forrajes a las vacas productoras se basan en los siguientes atributos: sabor agradable, digestibilidad, valor energético y propiedades laxantes.

5.2.- Descripción del Proceso.

De acuerdo al diagrama de la Fig. I.3 el proceso medular de la tecnología de los cítricos está representado por los pasos 1 a 10, de los cuales se derivan procesos secundarios para la obtención de productos específicos, destacándose el de acondicionamiento de jugo (pasos 11 a 17), el de separación y purificación de aceite esencial (pasos 27 a 33) y el secado de cáscara (paso 34 y side line). La descripción de cada uno de estos pasos se presenta a continuación:

PROCESO PRINCIPAL.

- 1.- **Recepción.**- El silo de recepción del material debe ser calculado de acuerdo a la capacidad diaria de producción y las condiciones específicas locales, de tal manera que el material no sufra daños. La fruta proveniente de la plantación se pesa y almacena.
- 2.- **Enjuague y Pre-Lavado.**- La fruta a granel proveniente de la plantación es depositada en un tanque con agua en el cual se inyecta aire comprimido a fin de aumentar el efecto de enjuagado.
- 3.- **Inspección.** La cual se realiza sobre un transportador de rodillos de aluminio, el cual hace girar la fruta en todos sentidos de tal forma que se pueda detectar los defectos y separar la fruta que no está apta para ser procesada.
- 4.- **Cepillado.**- Una serie de cepillos empapados en un detergente adecuado lavan la superficie de la fruta para remover cualquier suciedad que haya permanecido después del enjuagado.
- 5.- **Enjuagado.**- Para remover las trazas de detergente que hayan podido quedar.
- 6.- **Extracción del Aceite Esencial.** Esta se lleva a cabo, rayando la cáscara y enjuagando simultáneamente con agua a presión lográndose así un mayor recuperación del aceite y un proceso continuo.

- 7.- Enjuagado.- Se realiza para asegurar el agotamiento del aceite contenido en la cáscara y así elevar la calidad del jugo a obtener posteriormente.
- 8.- Clasificación.- Se realiza para separar las frutas que resulten muy de Tamaños. grandes o demasiado pequeñas para las copas del extractor.
- 9.- Extracción- Se realiza presionando la fruta entera a través de del jugo.- 2 copas que embonan perfectamente. La pulpa extraída es separada del jugo, lo cual indica que a la presión ejercida se le regula cuidadosamente para mantener la calidad del jugo, el cual no debe llevar restos de pulpa o cáscara, las cuales se descargan a un transportador por separado.
- 10.- Centrifugado.- Este se lleva a cabo para remover las partículas suspendidas en el jugo y darle estabilidad. Las operaciones de remoción y descarga de partículas se llevan a cabo en forma simultánea.

PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE JUGO

- 11.- Corrección.- Aquí se agrega azúcar y ácido al jugo de tal manera que se alcance los niveles requeridos por la norma. Esto se lleva a cabo en una batería de tanques equipados con agitadores e interconectados para que el flujo del jugo sea continuo a través de ellos.
- 12.- De aereación.- Este proceso remueve el aire disuelto u oculto en el jugo, previniendo la oxidación de constituyentes nutritivos y evitando cambios indeseables de sabor. Esta operación se lleva a cabo en un clarificador a vacío, el cual tiene un condensador acoplado de tal forma que no haya pérdidas debido a la evaporación del jugo.

- 13.- **Pasteurización.-** Los microorganismos presentes son destruidos y las enzimas desactivadas por medio de pasteurización flash llevada a cabo en un pasteurizador tubular a alta temperatura. Esta temperatura es regulada automáticamente y registrada continuamente en diagramas circulares.
- 14.- **Llenado y Sellado de Latas.-** El jugo es colocado en latas a través de un proceso totalmente automático que incluye su esterilización. En una línea de diseño convencional generalmente se aplica el sistema de llenado en caliente.
- 15.- **Enfriamiento.-** Una vez selladas las latas, se les enfría rápidamente a través de baños de agua fría con espumas al pasar sobre un transportador de banda. Esta operación tiene como objetivo mantener la calidad del jugo el cual puede sufrir alteraciones arriba de 35°C. Las latas son secadas por medio de una corriente de aire seco.
- 16.- **Cuarentena.-** Las latas llenas y secas se almacenan de 10 a 14 días a esperar la liberación por parte de control de calidad. El número de días de almacenamiento en cuarentena puede variar de acuerdo a las condiciones climatológicas de la región siendo las principales la humedad y la temperatura.
- 17.- **Empaque.-** Las latas son limpiadas de ser necesario, se etiquetan y empacan en cajas de cartón de acuerdo con las especificaciones del cliente.

PROCESO DE SEPARACION DE ACEITE ESENCIAL DE LIMON.

- 27.- Emulsión de Aceites en Agua.- La emulsión formada en el paso 6 en los extractores se recoge en un tanque y se transporta por gravedad hasta la centrífuga. En este punto la emulsión contiene -- una cantidad de aceite igual a un peso de entre 0.25 y 0.35% del que posea la fruta entera y no se observa interface ó gotas visuales de aceite.
- 28.- Separación.- Una vez en la centrífuga la emulsión es separada a una altísima velocidad que permite recuperar más del 95% del aceite emulsionado.
- 33.- Decantación.- El agua separada conteniendo pequeñas cantidades de aceite esencial (0.05% máximo) es reciclada a la espesa del extractor a fin de que el aceite que contiene no se pierda y aumentar el rendimiento. La decantación se lleva a cabo en un tanque separador especial al que se transportan las fases al salir de la centrífuga.
- 29.- Asentamiento.- Una vez que se han separado las fases, el aceite se acumula y se guarda en un tanque de asentamiento para permitir que partículas más pesadas precipiten.
- 30.- Pulido.- Una vez terminado el reposo, el aceite se filtra y opcionalmente se puede destilar al vacío para obtener una pureza mayor. También puede someterse a una segunda centrifugación.
- 31.- Llenado y Envasado.- El aceite ya pulido se envasa en latas o porrones de vidrio color ámbar de varias medidas, de acuerdo a los requerimientos del cliente.
- 32.- Empaquetado.- Finalmente, las latas, porrones ó frascos se etiquetan y empaquetan en cajas de cartón, colocando estos últimos en un almacén fresco y al abrigo de la luz solar.

PROCESO DE SECADO DE CÁSCARA.

34.- Selección de Cáscara.- Esta selección se hace sobre la banda transportadora a la que se descarga la cáscara después de ser extractada. Tiene por objeto separar aquella que no sea apta para ser deshidratada por razones de maltrato ó tamaño inadecuado.

S.L.1.- Secado.- La banda deposita la cáscara en una tolva de donde se dosifica al secador rotatorio.

S.L.2.- Estabilización.- Una vez deshidratada la cáscara se deja extendida a temperatura ambiente con el fin de que tome textura y pierda el calor remanente que ganó en el secado.

S.L.3.- Ensacado y Almacenaje.- Una vez que la cáscara se ha estabilizado se le coloca en sacos de 25 kg. y se le almacena para su comercialización en una bodega fresca y seca.

S.3.- Descripción del Equipo y Eficiencia del Proceso.
Diagrama de Flujo Simplificado del Proceso Integral.

Como apuntamos en su oportunidad la tecnología descrita se implementa en plantas-paquete de las cuales se tiene ya perfectamente determinado el equipo que requieren, su lay-out y su rendimiento con respecto a cada uno de los productos a obtener.

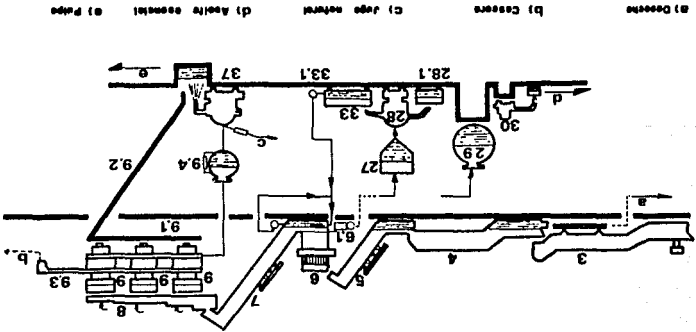
El diagrama de flujo del proceso integral es muy extenso al tomar en cuenta todas las líneas secundarias, de ahí que decidimos simplificarlo tomando en cuenta únicamente los 4 productos básicos y las operaciones unitarias descritas en la sección anterior (Fig. I.5).

En este diagrama hemos conservado el número-clave original con que aparecen clasificados los equipos en el diagrama general.

La denominación de estos equipos, su clave de línea y el número de unidades requeridas en función de la cantidad de material a procesar se presenta en la tabla I.3.



TESIS PROFESIONAL
DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
PROCESO INDUSTRIALIZACION DE CITRICOS
PROYECTO ETIENAL



a) Decuento b) Casaca c) Jugo natural d) Aceite esencial e) Polvo

Fig. 1.5

TABLA I.3.

| P L A N T A S P A Q U E T E | | C A P A C I D A D , C L A V E D E L I N E A / N ° U n i d a d e s | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|----------|---|-----------|---|------------------------|---|
| Clave Día grama - Fig. I.5 | Denominación del Equipo | 2 Ton/h | | 3 Ton/h | | 4 Ton/h | | 6 Ton/h | |
| 2 y 3 | Máquina de Pre-lavado | AC-50 | 1 | AC-100 | 1 | AC-100 | 1 | AC-200 | 1 |
| 4 | Máquina de lavado con detergente | CL-2500 | 1 | CL-4000 | 1 | CL-4000 | 1 | CL-8000 | 1 |
| 5 | Elevador Cangilones con espreas enjuagado | EK-2500 | 1 | EK-4000 | 1 | EK-4000 | 1 | EK-8000 | 1 |
| 6 | Extractor de Aceite Esencial | MK-2 | 1 | MK-4 | 1 | MK-4 | 1 | MK-6 | 1 |
| 6.1 | Bomba Centrífuga | B -52 | 1 | B- 52 | 1 | B -52 | 1 | B -52 | 1 |
| 7 | Elevador Cangilones con espreas enjuague | EK-2500 | 1 | EK-4000 | 1 | EK-4000 | 1 | EK-8000 | 1 |
| 8 | Calibrador | KN-2500 | 1 | KN-4000 | 1 | KN-4000 | 1 | KN-8000 | 1 |
| 9 | Extractor de Jugo | Exj-18 | 2 | Exj-18 | 3 | Exj-18 | 4 | Exj-18 | 6 |
| 9.1 | Transportador de Pulpa | Tp-700 | 1 | Tp-700 | 1 | Tp-1400 | 1 | Tp-1400 | 1 |
| 9.2 | Recolector de Bagazo | Tp-1 | 1 | Tp-1 | 1 | Tp-2 | 1 | Tp-2 | 1 |
| 9.3 | Banda Transportadora | TK-1500 | 1 | TK-1500 | 1 | TK-1500 | 1 | TK-1500 | 1 |
| 9.4 | Tanque almacenador de jugo | Bs-500 | 1 | Bs-900 | 1 | Bs-900 | 1 | Bs-1800 | 1 |
| 10 | Separador Centrifugo | 7000 1/h | 1 | 7000 1/h | 1 | 12000 1/h | 1 | 12000 ^{1/2} h | 1 |
| 27 | Tanque receptor de emulsión | Be-500 | 1 | Be-500 | 1 | Be-500 | 1 | Be-500 | 2 |
| 28 | Separador Centrifugo de emulsión | 5000 1/h | 1 | 5000 1/h | 1 | 5000 1/h | 1 | 500 1/h | 2 |
| 28.1 | Basin de Recepción de Aceite | Bu-10 | 4 | Bu-10 | 4 | Bu-10 | 4 | Bu-10 | 4 |
| 29 | Tanque almacenador de Aceite | Su-300 | 3 | Su-300 | 4 | Su-300 | 4 | Su-300 | 4 |
| 30 | Separador Centrifugo de Aceite/Pulidor | 100 1/h | 1 | 100 1/h | 1 | 100 1/h | 1 | 200 1/h | 1 |
| 33 | Basin de Decantación | Bd-2000 | 1 | Bd-2000 | 1 | Bd-2000 | 1 | Bd-3000 | 1 |
| 33.1 | Bomba Centrífuga de Emulsión | B -52 | 1 | B-52 | 1 | B -52 | 1 | B -52 | 1 |
| 37 | Basin Receptor de Pulpa | Bp-500 | 1 | Bp-500 | 1 | Bp-500 | 1 | Bp-500 | 1 |

* De acuerdo con tecnología de JEDINSTVO Yugoslavia.

El rendimiento de estas plantas-paquete puede variar de acuerdo a la calidad, tamaño y grado de madurez de la fruta, sin embargo, se les garantiza un rendimiento mínimo de cada producto en función de su capacidad de diseño. Este rendimiento mínimo, así como los requerimientos de servicios auxiliares se presentan a continuación:

Tabla I.4.

| Capacidad Normal | Ton/h | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 6.0 |
|--|-------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Desecho | kg/h | 50 | 80 | 100 | 150 |
| Jugo | kg/h | 580-680 | 880-1000 | 1170-1360 | 1750-2040 |
| Pulpa | kg/h | 330-380 | 500-560 | 660-765 | 990-1130 |
| Cáscara | kg/h | 880-950 | 1325-1415 | 1755-1885 | 2100-2180 |
| Aceite Esencial | kg/h | 3.0 | 3.5 | 4.5 | 7.0 |
| Potencia Instalada de motores Eléctricos | KW | 35 | 51 | 62 | 87 |
| Consumo de Agua | m ³ /h | 11 | 13 | 17 | 22 |
| Superficie de Terreno necesaria para la instalación de la planta | m ² | 380 | 560 | 710 | 1060 |

5.4.- Datos de Industrialización de Limón en México.

En México el procesamiento industrial del limón se inició a finales de la década de los años 20's y principios de los 30's con métodos muy rudimentarios para la obtención de aceite esencial.

En la actualidad se cuenta ya con más de medio centenar de empresas dedicadas a esta actividad, las cuales producen principalmente jugo, aceite esencial, ácido cítrico y cáscara deshidratada.

A pesar de ello, muy pocas son las plantas que han modernizado sus procedimientos; la mayoría se trata de establecimientos con más de 15 -- años de vida en los que se obtiene aceite esencial de limón destilado por el método de arrastre de vapor, otras más han progresado a partir de

TABLA I.5.

Exportación Industrial 1975-1983.

| Limón | | Vol (Tons) | Valor(Miles de pesos) |
|-------|----------------------|------------|-----------------------|
| Año | | | |
| 1975 | Jugo | 1 270 | 12 988 |
| | Ac. Esencial | 346 | 82 641 |
| | Ac. Cítrico | 3 359 | 52 502 |
| | Cáscara Deshidratada | - | - |
| | Total | 4 975 | 148 131 |
| 1976 | Jugo | 1 027 | 14 708 |
| | A.E.L. | 330 | 87 482 |
| | Ac. Cít. | 3 739 | 67 733 |
| | C. Deshidratada | - | - |
| | Total | 5 096 | 109 923 |
| 1977 | Jugo | 1 693 | 37 006 |
| | A.E.L. | 584 | 266 250 |
| | Ac. Cít. | 3 627 | 95 414 |
| | C. Deshidratada | - | - |
| | Total | 5 904 | 398 670 |
| 1978 | Jugo | 2 998 | 74 512 |
| | A.E.L. | 727 | 310 954 |
| | Ac. Cít. | 3 039 | 78 922 |
| | C. Deshidratada | 334 | 2 734 |
| | Total | 7 098 | 467 125 |
| 1979 | Jugo | 1 830 | 44 863 |
| | A.E.L. | 751 | 458 994 |
| | Ac. Cít. | 3 626 | 102 615 |
| | C. Deshidratada | 2 738 | 22 439 |
| | Total | 8 953 | 628 911 |
| 1980 | Jugo | 1 159 | 30 591 |
| | A.E.L. | 1 740 | 404 755 |
| | Ac. Cít. | 1 098 | 49 609 |
| | C. Deshidratada | 1 947 | 19 382 |
| | Total | 5 944 | 504 837 |
| 1981 | Jugo | 1 103 | 29 440 |
| | A.E.L. | 224 | 176 237 |
| | Ac. Cít. | 914 | 33 729 |
| | C. Deshidratada | 1 220 | 12 543 |
| | Total | 3 461 | 251 949 |
| 1982 | Jugo | 1 406 | 101 443 |
| | A.E.L. | 2 896 | 153 340 |
| | Ac. Cít. | 509 | 240 466 |
| | C. Deshidratada | 666 | 22 325 |
| | Total | 5 477 | 517 574 |
| 1983 | Jugo | 2 104 | 321 147 |
| | A.E.L. | 374 | 1479 576 |
| | Ac. Cít. | 3 019 | 438 002 |
| | C. Deshidratada | 1 379 | 90 076 |
| | Total | 6 876 | 2328 801 |

este producto llegando a obtener un cierto grado de integración al recurrir a equipos hechizos y algunos pocos más de línea, con los que integran un proceso similar al ejemplificado en la Fig. 1.5.

De las empresas que venden equipos y tecnología para la explotación de los cítricos en el mundo, solo FMC Corp. se encuentra en México. De entre todos sus equipos, sus extractores tipo R y sus máquinas lavadoras son los más utilizados, en tanto que sus plantas-paquetes son poco comunes, siendo más bien utilizadas para la explotación de la naranja.

A pesar de estas deficiencias tecnológicas, México ha avanzado en la industrialización del limón llegando a procesarse en 1985, el 17.4% de la producción total de este agrío, con un aprovechamiento de entre el 75 y el 80% de la capacidad instalada disponible.

En el renglón de ventas al exterior de productos industrializados, estas han ido en aumento año con año registrándose ya en 1983 un total de 6876 Ton de exportación.

Los datos de exportación de derivados industrializados del limón en el periodo 1975-1983 se presentan en forma desglosada en la tabla I.5.

5.5.- Comentarios sobre la tecnología de Explotación de Cítricos a partir de Cáscara Reciclada.

El proceso que hemos descrito hasta aquí parte de fruta entera de ahí que necesariamente sufra fuertes cambios al manejar únicamente cáscara reciclada. Por principio de cuentas, el número de productos susceptibles se reduce y todos aquellos provenientes de la pulpa, semilla y jugo se descartan, como son el ácido cítrico, concentrados, confituras, etc. quedando como posibles el aceite esencial, el forraje para ganado, la pectina y la cáscara en salmuera. De estos, las últimas dos opciones no son viables debido a que la cáscara reciclada proviene de fruta madura y generalmente no presenta buen color, de ahí que el -

rendimiento de pectina decrezca fuertemente y no sea recomendable - para producir cáscara en salmuera. Es por esto, que en el resto de este trabajo se manejará solo el aceite esencial de limón como producto principal y el forraje para ganado como producto secundario.

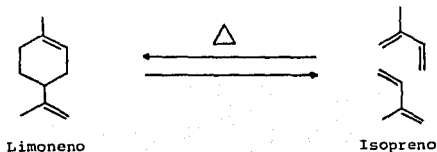
A continuación daremos algunas generalidades acerca de los aceites esenciales y las características particulares del aceite esencial de limón. Las características de la cáscara deshidratada para forraje ya fueron descritas en la sección 5.1.

6.- Generalidades sobre los Aceites Esenciales.

Los aceites esenciales reciben diversos nombres, como aceites volátiles, aceites etéreos, etc, aunque en español se les han denominado bajo el nombre genérico de esencias. No existe definición precisa para ellos, sin embargo, casi todos son líquidos de consistencia oleosa generalmente de procedencia vegetal, que son capaces de volatilizarse a la temperatura ambiente.

Las esencias deben considerarse como productos secundarios del metabolismo de la planta, no tienen por tanto asignada una función en la vida vegetal pero contribuyen a la atracción de los insectos que realizan la fertilización mediante el polen.

Sobre su formación se tienen varias teorías, algunas de las -- cuáles afirman que los compuestos primitivos que dan lugar a los -- aceites esenciales son alcoholes y ácidos orgánicos. Sin embargo, la que parece más acertada plantea la formación de los principales compuestos activos mediante la condensación de moléculas de isopreno - (2-metil butadieno)



Las esencias se pueden encontrar en diferentes partes de la planta, a veces se encuentran distribuidas en todos los órganos de la misma, mientras que otras veces se hallan en órganos determinados como flores, hojas, corteza, frutas o aún en la raíz.

Las proporciones de aceite esencial cambian con los periodos de -- crecimiento de la planta. Los compuestos odoríferos aparecen primero en los órganos jóvenes y verdes acumulándose ahí hasta la época de -- floración cuando su producción disminuye. Por difusión pasan de las hojas al tallo y de aquí a la inflorescencia.

Cuando ocurre la fecundación, una cantidad de la esencia se consume en la flor o se pierde por evaporación, por lo que, el mejor rendimiento de ésta, se obtiene antes de que se realice la fecundación. Una vez terminada, la cantidad de esencia vuelve a aumentar en las hojas.

En general, la composición de los aceites esenciales consta de terpenos, sesquiterpenos, alcoholes, ésteres, aldehidos, cetonas, - fenoles y algunos componentes no clasificados.

Los ésteres tienen origen, por la combinación directa entre - los ácidos y los alcoholes, formados previamente. La esterificación parece ser favorecida por enzimas que actúan como agentes deshidratantes, sin embargo, es la clorofila el factor determinante en las condensaciones que dan lugar a sustancias complejas a partir de -- otras más sencillas.

La adición de sales minerales al suelo (KCl , $NaCl$, NH_4Cl , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , $(NH_4)_2SO_4$, $Fe_4(SO_4)_3$, $MnSO_4$) favorece la formación de ésteres.

Los terpenos son compuestos insaturados que se descomponen, parcial o totalmente, cuando se les destila en presencia de calor aún - cuando se utilice el método de arrastre de vapor, provocando fuertes cambios en el aroma del aceite, de ahí que se acostumbre separarlos - mediante el proceso de desterpenación que ejemplificaremos más adelante.

En algunos casos, los componentes de las esencias son el resultado de la fermentación de un glucósido.

Los caracteres generales de las esencias varían bastante y aún ocurre que esencias procedentes de la misma especie vegetal presentan notables diferencias en su composición según el país en que la planta se ha desarrollado.

En general, se puede decir que las esencias son más ligeras que el agua, aunque hay numerosos ejemplos de esencias más pesadas que ella. Son casi insolubles en agua pero lo suficiente para darle olor y sabor. Se disuelven fácilmente en alcohol, éter, disulfuro de carbono y en otros aceites.

La mayoría son líquidas a temperatura ambiente y las que no, tienen puntos de fusión muy bajos.

Algunos aceites esenciales precipitan sólidos por enfriamiento, lo que nos dice que están formados por una disolución de componentes sólidos (estearopteno) en componentes líquidos (eliopteno). Un ejemplo clásico de esto es la separación del mentol del aceite esencial de menta.

7.- Desterpenación de Aceites Esenciales.

Al analizar la composición de un aceite esencial se distinguen tres grupos principales de constituyentes: compuestos oxigenados, compuestos hidrocarbonados y residuo no volátil.

De estos, son los compuestos oxigenados los que dan el aroma característico de cualquier esencia, en tanto que los demás no tienen utilidad, pudiendo por el contrario causar alteraciones a la fragancia por ser muy poco estables. Es por ello, que se acostumbra eliminarlos a través de un proceso que recibe el nombre genérico de desterpenación, al ser precisamente los hidrocarburos terpénicos (cadenas insaturadas cíclicas con ramificaciones también insaturadas) los que es más importante separar.

Estos compuestos poseen puntos de ebullición que varían entre los 150° y los 180°C a presión atmosférica, son ligeramente solubles en alcohol diluido y poseen densidad e índice de refracción bajos, de ahí que al ser eliminados, estos valores aumentan.

Existen 4 métodos generales para realizar la destilación, a saber:

- 1.- Destilación Fraccionada al Vacío
- 2.- Destilación Molecular
- 3.- Extracción por Disolventes
- 4.- Cromatografía en Columna

El primero es el más común a nivel industrial. En él se procede a concentrar el aceite hasta una relación 10:1 y entonces se inicia una destilación fraccionada en una columna empacada con anillos -- "raschig" a 15 mm Hg de presión. No obstante el empleo de aparatos de alta eficiencia, es prácticamente imposible realizar una separación completa de los compuestos oxigenados de los hidrocarburos.

La destilación molecular es un método revolucionario en el cual no se requiere de una columna rectificadora sino que las moléculas se evaporan con la ayuda del alto vacío (10^{-3} a 10^{-7} mm Hg).

El método de extracción con solventes es el más antiguo, aprovecha la solubilidad de los terpenos en alcohol diluido para separarlos. Actualmente se utiliza a la inversa, una solución de ácido acético al 70% disuelve las sustancias oxigenadas las cuales se recuperan por neutralización con alcalí. La inconveniencia de este método estriba en el uso de cantidades importantes de disolventes y en la tendencia a la formación de emulsiones difíciles de romper.

Para el aceite esencial de limón se acostumbra usar alcohol etílico al 85% o alcohol isopropílico al 70%.

Finalmente, en el método por Cromatografía el aceite esencial - puro se pasa por una columna empacada con Al_2O_3 , el cual adsorbe los compuestos oxigenados, en tanto que los terpenos se eluyen con hexano proceso que puede seguirse a simple vista gracias a la coloración natural de los últimos. Los compuestos oxigenados se recuperan posteriormente mediante elución con agua.

A nivel industrial los terpenos son removidos en una columna empacada con un polímero granular, adsorbente y no polar tal como hule natural, neopreno o hule silicón.

La principal ventaja de los aceites desterpenados es su notable estabilidad, al haber eliminado los compuestos causantes de la descomposición y resinificación. Esto permite su utilización en jabones de baño y artículos de tocador cuyo uso no es inmediato.

8.- Características Particulares del Aceite Esencial de Limón

En México se le da el nombre de limón al fruto del *Citrus Aurantifolia Swingle*, al cual se le conoce como lima en otros países del mundo. Es por ello que al hablar del aceite esencial de limón se tenga que aclarar que nos estamos refiriendo al Aceite Esencial de Lima Acida (Lime Oil o Esence de Limette) para no confundirlo con el que se obtiene del fruto del *Citrus Limonum Risso*, el cuál no se produce en nuestro país.

Sobre el Aceite Esencial de Limón no existen propiedades estandarizadas ya que estas dependen del método de extracción, la región de cultivo, la madurez del fruto y los cuidados en el almacenamiento.

De todos estos factores el procedimiento de extracción es el más determinante y de acuerdo con esto se puede decir que existen 2 tipos de Aceite Esencial de Limón: el destilado y el centrifugado. Ambos pueden proceder de un rayado de la cáscara o bien de la separación de la mezcla jugo-aceite que resulta de la expresión total de la fruta, pero en cualquier caso y a pesar de tener igual procedencia, presentan marcadas diferencias en cuanto a composición, olor, fragancia y propiedades físicas.

A continuación trataremos de dar una semblanza de la composición química y método de obtención de cada uno y posteriormente trataremos de establecer las principales diferencias entre ellos.

8.1.- Aceite Esencial de Limón Destilado.

La producción de aceite destilado se lleva a cabo exprimiendo totalmente la fruta, separando la pulpa y la cáscara del jugo y destilando este último. Otro procedimiento remoja en agua la cáscara macerada del fruto todavía verde y prolonga la destilación por aproximadamente 7 hrs.

El rendimiento promedio del método es de 8 lb de aceite por tonelada de fruta procesada, lo cual representa aproximadamente un 0.36%.

Su composición química es bastante compleja, sin embargo se ha logrado identificar la mayoría de sus componentes.

A continuación enlistaremos los compuestos encontrados al realizar una destilación fraccionada de un Aceite Esencial de Limón Destilado - obtenido en Colima.

Fracción I

Intervalo de Temperatura 0-68°C (1 atm)
(75% del total de la muestra)

α-pineno
Furfural
β-Pineno
n-Octanal
d-Limoneno
Dipenteno

Fracción II

Intervalo de temperatura 68-76°C (1 atm)
(2.4% del total de la muestra)

n-Nonaldehido
Borneol

Fracción III

Intervalo de Temperatura 76-105°C (1 atm)
(14.9% del total de la muestra)

n-Decanal
Citral
Geraniol
Linalol
α - Terpineol
Aldehido no identificado

Fracción IV

Intervalo de temperatura 105-129°C (1 atm)
(3.8% del total de la muestra)

Aldehido Láurico
Bisaboleno

Residuo Fracción V

Por encima de 129°C (1 atm)
(3.4% del total de la muestra)

Alcohol Láurico
Acido Acético
Acido n-Octánoico
Acido n-Decanoico
Fenoles
Componentes Acidos

8.2.- Aceite Esencial de Limón Centrifugado

La producción de aceite centrifugado se lleva a cabo exprimiendo la fruta entera, separando la pulpa y centrifugando la mezcla jugo-aceite. Este método da un rendimiento de aproximadamente 7 lb por - Ton de fruta procesada, lo cual representa entre el 0.28 y el 0.35% en peso.

Métodos más modernos como el descrito en la sección 5.2, obtienen aceite centrifugado mediante un rayado previo de la cáscara bañando la simultáneamente con agua a presión para arrastrar el aceite, mismo que es separado posteriormente por centrifugación.

Este método posee el mismo rendimiento que el anterior (7 lb/Ton) pero mejora la calidad del aceite ya que se conserva la totalidad de los compuestos oxigenados, muchos de los cuales se pierden al disolverse debido a la acidez del jugo.

Su composición química no está tan bien establecida como la del aceite destilado, sin embargo se puede decir que en general está formado de la misma manera por terpenos, aldehidos, ésteres, alcoholes y compuestos no volátiles, los cuales varían en cantidad y compuestos específicos con respecto al destilado.

Entre los compuestos que han sido identificados se tiene: el citral, el bisaboleno, el limettín, el limoneno, el α -terpineol; trazas de limetín, bergaptol, antranilato de metilo, 7-metoxi-5-geranoxi cumarina y un contenido de 10% de aldehidos.

Además de estos compuestos es común encontrar en el aceite centrfugado cierto tipo de ceras el cual se acostumbra remover, mediante un centrifugado posterior conocido como "pulido".

8.3.- Naturaleza y Origen de las Diferencias entre ellos.

Los aceites destilado y centrifugado difieren principalmente en características organolépticas y en algunas propiedades físicas, destacándose el olor, el sabor y la solubilidad en agua.

Generalmente el aceite centrifugado tiene un olor más suave y un sabor más dulce y natural. Su solubilidad en agua es baja por lo que no le imparte un sabor firme y definido.

Por el contrario, el aceite destilado tiene un olor más concentrado y posee un sabor característico y penetrante que sin embargo no es muy parecido al sabor natural. Su solubilidad en agua es mucho mayor, razón por la cual le imparte un sabor definido.

Estas diferencias tienen su origen en cambios en la composición del aceite, ya sea por diferencia en la concentración relativa de los componentes o bien, por ausencia de algunos de ellos.

Así pues, la gran diferencia en olor y sabor se debe a la pérdida de los constituyentes de más alto y más bajo punto de ebullición durante la destilación. De estos constituyentes, quizá los más importantes sean el limetín y el antranilato del metilo, los cuales no se encuentran en el aceite destilado.

Esta teoría se comprueba al destilar un aceite centrifugado bajo condiciones similares de destilación a aquellas con que se produce el aceite destilado, obteniéndose un producto muy similar a este.

Otra explicación para las diferencias en olor y sabor se basa en la posible degradación durante la destilación de ciertos componentes por efecto del vapor y el ácido cítrico. Un indicio de esto se encuentra en el contenido de aldehídos y ésteres, el cual es de 6 y 8% respectivamente en el aceite centrifugado, en tanto que solo es de 1 y 2% en el destilado. Esto sugiere la destrucción de estos compuestos por efecto del calor y del medio ácido, lo cual se comprueba al destilar al vacío un aceite centrifugado, evitando al máximo las condiciones marcadas anteriormente y obtenerse un producto que conserva su olor y sabor característico.

A pesar de ello, todavía no se tiene una explicación acerca de la interacción de los derivados de degradación de componentes tales como el Citral y el α -Terpineol, (p-Cymeno y Terpineno), los cuales no se detectan en el aceite destilado. Una hipótesis al respecto podría ser su posible condensación para formar compuestos no volátiles que se quedarán en el residuo, de tal forma que las cantidades presentes en el Aceite destilado fueran mucho muy pequeñas.

9.- Especificaciones que debe cumplir el Aceite Esencial de Limón. Especificaciones Comerciales.

En general, un aceite de buena cantidad se caracteriza por una densidad alta combinada con una rotación óptica baja. Los aceites que cumplen con estas características son excelentes en la preparación de concentrados para propósitos diversos.

Por el contrario, un aceite con un alto contenido en terpenos presenta una densidad baja y una rotación óptica alta.

Estos criterios han introducido en el comercio de estos aceites, un problema muy difícil de detectar: la adulteración.

El aceite destilado es adulterado ocasionalmente con aceite de turpentina, el cual hace disminuir la rotación óptica con la desventaja de que también disminuye la densidad. Iguales resultados se obtienen al agregar dipenteno o terpinoleno, de ahí que los comerciantes fraudulentos conozcan las cantidades exactas en que estos compuestos deben agregarse, ya sea solos o combinados para disminuir la rotación sin disminuir mucho la densidad.

El aceite centrifugado es adulterado ocasionalmente mediante la adición de aceite destilado. La presencia de este último es muy difícil de probar y solo puede ser detectada cuando se produce una disminución drástica de la densidad o una elevación pronunciada de la rotación óptica, acompañada de un debilitamiento de su sabor característico.

El aceite centrifugado también puede ser adulterado con turpentina, dipenteno o terpinoleno.

Las especificaciones mínimas que deben cumplir los aceites de limón destilado y centrifugado para su exportación, se presentan a continuación:

Aceite Esencial de Limón Centrifugado

| | |
|---|--|
| Sg 15°/15° | 0.878-0.886 (Óptimo por encima 0.880) |
| Rotación óptica | + 35° - + 40°0' |
| Índice de Refracción (20°) | 1.4820 - 1.4860 |
| * Contenido de Aldehídos (Base Citral) | 4.5 - 8.5% |
| Residuo por Evaporación | 10.0 - 13.5% |

Aceite Esencial de Limón Destilado

| | |
|--|--|
| Sg 15°/15° | 0.862 - 0.868 (Óptimo por encima 0.864) |
| Rotación óptica | +34° 30' - +46° 30' |
| Índice de Refracción (20°C) | 1.4750 - 1.4770 |
| * Contenido de Aldehídos (Base Citral) | 0.5 - 1.5% |
| * Determinado mediante el Método del Clorhidrato de Hidroxilamina. | |

10.- Usos.

El aceite esencial de limón tiene utilidad principalmente en la industria alimenticia y en la industria de perfumes y cosméticos. En cantidades muchísimo menores se le utiliza en la industria farmacéutica y en la de aromatizantes de interiores.

La proporción en que estas industrias consumen el A.E. de Limón se presenta a continuación:

| | | | |
|----------------------------|-----|-------------------------|-----|
| Ind. Alimenticia | 89% | Bebidas Gaseosas | 57% |
| | | Pastelería y Repostería | 32% |
| Ind. Perfumera y Cosmética | 8% | | |
| Ind. Farmacéutica | 2% | | |
| Otras | 1% | | |

El aceite esencial de limón es uno de los saborizantes más utilizados en todo tipo de alimentos y bebidas principalmente las de "cola", en las cuales se prefiere el uso de aceite destilado debido a su mayor solubilidad en agua y sabor característico más pronunciado. El sabor más suave y duradero del aceite centrifugado lo hacen excelente en la preparación de dulces y confituras; a pesar de ello, el aceite destilado es el más usado para estos propósitos por razones de costumbre, -- precio más barato y en el caso de los caramelos, por la nota refrescante que los imparte.

El aceite centrifugado es mucho más usado en perfumes, aguas de colonia y jabones a los que les imparte una nota refrescante similar a la bergamota.

CAPITULO II
ESTUDIO DE MERCADO

CAPITULO II

Estudio de Mercado.

1.- Presentación

Mercado, desde el punto de vista más general, es el sitio donde concurren la oferta y la demanda de un producto, es decir, es el conjunto de personas o empresas localizadas en un área geográfica determinada cuyas necesidades, recursos económicos y capacidades productivas generan el consumo y comercialización de un producto dado.

El estudio del mercado ayuda a responder preguntas básicas en la formulación de un proyecto industrial como son las siguientes:

- ¿Qué cantidad de producto podría venderse?
- ¿A qué precio?
- ¿Qué características debe cumplir?
- ¿Cuáles son los canales de distribución?
- ¿Dónde se localizan proveedores y consumidores?
- ¿Tiene demanda internacional el producto?

El poder contar con una respuesta confiable y acertada a las anteriores cuestiones resulta fundamental, ya que permite determinar importantes parámetros técnicos y financieros. Desde el punto de vista técnico permite estimar la capacidad máxima que deberá tener la planta, determinar la localización de las instalaciones industriales y la adecuada selección de la tecnología, en tanto que desde el punto de vista financiero permite obtener la información necesaria para la promoción del proyecto entre los posibles inversionistas además de aportar datos para evaluar su rentabilidad, inversión total requerida, etc.

Desde el enfoque particular de esta tesis, el presente estudio más que caracterizar en forma profunda el desenvolvimiento y extensión del mercado del aceite esencial de limón, tratará de dar un panorama general de la situación actual del mismo y de las oportunidades de desarrollo que podrían presentarse a una empresa cuya operación es té basada en él.

2.- Determinación de los Centros de Consumo y Producción del Aceite Esencial de Limón. Mercado Potencial.

El mercado de aceite esencial de limón es muy amplio ya que puede ser comercializado en 3 diferentes ramas industriales. Su principal aplicación está en el ramo alimenticio como saborizante natural de bebidas gaseosas, pasteles y dulces, quedando en segundo lugar - la industria cosmética donde se le utiliza como base de formulación y aromatizante de productos tales como perfumes, shampoos, suavizantes de telas y aromatizantes caseros en spray o pastilla.

En forma esporádica, se le utiliza en la industria farmacéutica para enmascarar el sabor amargo de algunas suspensiones y jarabes, además de su uso para saborizar caramelos medicinales y refrescantes.

2.1.- Estudio de la Demanda. Determinación de Centros de Consumo.

Al tomar en cuenta las proporciones de consumo marcadas en la - sección 1.10, se concluye que es preciso hacer un análisis de la localización de las empresas que constituyen cada sector de los señalados a fin de determinar los principales centros de consumo.

Primeramente tenemos el sector alimenticio cuyas empresas se encuentran esparcidas en todo el terreno nacional. Esto es particularmente patente en las embotelladoras regionales de refrescos de cola y de limón, las cuales son tan comunes que se puede afirmar que todas las ciudades con población superior al millón de habitantes cuentan con una de ellas, particularmente aquellas de las regiones costeras - donde el clima cálido hace aumentar el consumo de bebidas gaseosas. Las pastelerías, por su parte tienen un consumo uniforme del producto, siendo este mayor mientras mayor sea la población de las ciudades. En cuanto a las galleteras, su consumo también es uniforme y salvo pocas excepciones, casi todas se hallan en la capital y estados circunvecinos.

En cuanto a la industria cosmética y perfumera, esta tiene su mercado en zonas más fuertes económicamente de ahí que principalmente se encuentre establecida en la capital y zonas industriales del área metropolitana, desde donde se distribuye posteriormente al resto del país sus productos.

Finalmente el 95% de la industria farmacéutica se encuentra en esta ciudad, lo que aunado al escaso consumo que esta tiene del A.E. de limón, vuelve a fijar a la capital como su único centro de consumo.

Resumiendo, podemos afirmar que de acuerdo a los porcentajes de la sección 1.10, aproximadamente el 70% del consumo total del aceite esencial de limón se realiza aquí en la Cd. de México y en las principales ciudades del centro y norte del país. El 30% restante, se canaliza a las embotelladoras regionales de refrescos, principalmente las situadas en las zonas costeras.

Las principales empresas consumidoras de aceite esencial, de limón en México y sus volúmenes promedio de consumo se presentan a continuación:

| <u>Empresa</u> | <u>Volumen de Consumo</u> <u>(kg)</u> |
|-------------------------------------|--|
| Coca Cola Export Corp. | 63 599 |
| Seven Up de México, S.A. | 18 000 |
| Fritzsche Dodge and Olcott, S.A. | 6 120 |
| Fimerich Mexicana, S.A. | 1 400 |
| Givoulan Mexicana, S.A. | 880 |
| Extractos y Derivados, S.A. de C.V. | 900 |
| Química Interamericana, S.A. | 1 610 |
| Naarden Fragances, S.A. de C.V. | 720 |
| El Trébol Productos Químicos, S.A. | 721 |
| Lucía Mex. S.A. | 539 |
| Haarman Reimer, S.A. | 340 |
| Aceites y Esencias, S.A. | 180 |
| Dragoco, S.A. | 100 |

La suma de estas cantidades nos da un total de 95 toneladas, lo cual, como veremos más adelante, corresponde apenas al 23% de la producción total del país, el resto se destina principalmente para exportación.

2.2.- Estudio de la Oferta. Determinación de los Centros de Producción.

En México, la producción de aceite esencial de limón alcanza en promedio las 410 toneladas anuales, de las cuales el 92.4% corresponden a aceite destilado y solo un 7.6% a aceite centrifugado.

Las empresas productoras por su parte, se encuentran situadas cerca de los centros de producción del cítrico, principalmente en los estados de Colima y Michoacán donde actualmente operan 31 empresas. A continuación se dan sólo algunos de los nombres de estas compañías:

| | |
|--|--------------------|
| Cítricos de Colima, S.A. J.J. Ríos 366 Colima, Col. | 2-07-90 |
| Factor Mexicano, S.A. Paseo del Progreso 170 Colima, Col. | 2-13-10 2-00-82 |
| Marvin Readhimer, S.A. Hidalgo 464 Manzanillo, Col. | 2-00-25 |
| Gabriel Gutiérrez y Co. T. Quintero 253 Colima, Col. | 2-03-24 |
| Beneficiadora de Frutas Cítricas y Tropicales de Colima, S.A de C.V. Km 259, Carr. Jiquilpan-Manzanillo Tecomán, Col. | 4-09-94 4-14-82 |
| Aceites Esenciales y Derivados, S.A. Av. Los Cantiles 37, Edif. 1-2 Acapulco, Gro. | 2-41-00 |
| Industrias Fesago, S.A. SHC 17 N° 1373 Guadalajara, Jal. | 25-27-96 |

Al hablar de producción de aceite esencial de limón, no podemos dejar de mencionar a la UNPAL S. de R.L.I.P. y C.V. (Unión Nacional de Productores de Aceite de Limón), la cual agrupa y representa a -- más de 51 empresas, las cuales constituyen practicamente la totalidad de los productores de la esencia. Esta agrupación fija las políticas de producción y permite mantener una posición más firme en las negociaciones con el exterior.

La UNPAL reporta un total de 51 empresas dedicadas a la obtención de aceite esencial de limón por el método de destilación por arrastre de vapor. De estas 9 producen además aceite centrifugado -- principalmente a través del método de raspado descrito en la sección I.5.2.

La distribución por estados de estas empresas es la siguiente:

| <u>Estado</u> | <u>Aceite Destilado</u> | <u>Aceite Centrifugado</u> |
|---------------|-------------------------|----------------------------|
| Colima | 14 | 5 |
| Michoacán | 17 | 2 |
| Guerrero | 5 | 1 |
| Oaxaca | 7 | - |
| Tamaulipas | 1 | 1 |
| Jalisco | 2 | - |
| Veracruz | 2 | - |
| Sinaloa | 1 | - |
| Nayarit | 1 | - |
| Nuevo León | 1 | - |
| T o t a l | <u>51</u> | <u>9</u> |

La capacidad instalada de estas plantas supera las necesidades del mercado interno y considera preponderantemente el abastecimiento del mercado internacional, principalmente el de E.U.A. Se espera que la entrada de México al GATT favorezca a esta industria, diversificando los mercados para este producto, en cuya producción México casi no tiene competencia.

2.3.- Distribución y Comercialización.

En cuanto al mercado interno, este es surtido principalmente - a través de distribuidores ya que el aceite esencial de limón no es un producto que sea utilizado en grandes cantidades por la industria, a excepción de las embotelladoras de refrescos.

La UNPAL distribuye el producto al mayoreo, de ahí que sus principales clientes sean las casas matrices de las embotelladoras y distribuidoras al menudeo.

Las 16 empresas más importantes dedicadas a esta última actividad se enlistan a continuación:

| | |
|--|-----------|
| - Aceites y Esencias, S.A. Blvd. M. de Cervantes Saavedra N° 5 Col. Granada, México, D.F. | 250-66-00 |
| Alimentos Byd, S.A. Claudio Arciniega N° 30-A Mixcoac 03910 México, D.F. | 651-50-66 |
| Cía. Universal de Industrias, S.A. Av. Cuauhtemoc 133, Col. Roma 06700 México, D.F. | 584-34-55 |
| Deiman, S.A. Acatl N° 320 Fracc. Ind. San Antonio 02760 México, D.F. | 561-42-00 |
| Essence Fleur de México, S.A. Lago Merd N° 56-A Col. Granada 11520 México, D.F. | 250-08-68 |
| Fries and Fries International de México, S.A. Calz. Ermita Iztapalapa N° 1517 09360 México, D.F. | 686-92-99 |
| H. Kohnstamm de México, S.A. de C.V. Calz. Azcapozalco - La Villa N° 882 02300 México, D.F. | 567-41-11 |

| | |
|---|-----------|
| Haarman Reimer, S.A. Av. República Mexicana N° 200 San Nicolás de los Garza, N.L. | 52-48-60 |
| International Flavors and Fragances, S.A.de C.V. San Nicolás Fracc. Ind. San Nicolás Tlalnepantla 54030 Edo. de México. | 565-38-22 |
| Lucta Mexicana, S.A. Av. Dr. Gustavo Baz Pte. N° 53-H 53630, Naucalpan Edo. de México. | 576-14-49 |
| Tecnología y Asesoría Alimentaria, S.A. de C.V. Retorno 1 # 19 Col. La Blanca 54110, Tlalnepantla Edo. de México. | 565-55-60 |
| Fritzche Dodge and Olcott de México, S.A. Río Lerma 32 Col. San Nicolás Tlalnepantla, Edo. de México | 565-52-11 |
| Química Interamericana, S.A. Presidente Juárez 2023 Tlalnepantla Edo. de México | 397-41-33 |
| Saborex, S.A. de C.V. Camarones 581 Azcapotzalco, México, D.F. | 561-46-77 |
| Carpizo y Afiliados, S.A. Tamaulipas 60 Col. Condesa México, D.F. | 286-58-23 |

Es importante hacer notar que la clientela de estas compañías, la constituyen empresas del ramo alimenticio (panaderías, dulceras y galleteras) y del ramo de la cosmetología y productos de limpieza (perfumerías, aromatizantes, etc.).

Como se pudo observar la casi totalidad de estos distribuidores se encuentran en la Cd. de México, sin embargo, algunos tienen sucursales en provincia para atender las demandas regionales, tal es el caso de Fritzsche, Dodge and Olcott de México, S.A.

Los precios promedio con que estas empresas ofrecen el aceite esencial de limón al menudeo, en sus diferentes modalidades son los siguientes:

A.E.L. Destilado 23,545 Pesos/Kg.
A.E.L. Centrifugado A 57,258 Pesos/Kg.
A.E.L. Centrifugado B 57,258 Pesos/Kg.

El precio al mayoreo de la UNPAL es el siguiente:

A.E.L. Destilado 17,301 Pesos/Kg.
A.E.L. Centrifugado A 41,542 Pesos/Kg.
A.E.L. Centrifugado B 41,542 Pesos/Kg.

De ahí que el producto aumente en un 37 % por concepto de costos de operación y utilidad del distribuidor.

3.- Mercado Internacional.

El aceite esencial de limón ha sido uno de los principales productos de exportación de nuestro país desde hace ya varios años y esto no es difícil de comprender si tomamos en cuenta que en los mejores años más del 75% de la producción nacional se exporta y que -- prácticamente no existe competencia internacional.

México es el primer productor y exportador de aceite esencial de limón cubriendo en promedio más del 80% del mercado mundial. Otros países que producen este aceite son Haití, Jamaica, República Dominicana, Cuba, Trinidad - Tobago, India, Ghana y Perú.

Con respecto a los países consumidores, se puede afirmar que salvo muy pocas toneladas, prácticamente todo el aceite que se comercia en el mundo tiene como destino los E.U.A., país que constituye hasta el 98.3% del mercado de la esencia y al cual México vende -- prácticamente toda la producción de exportación, la cual ha llegado a ser de hasta 1738 toneladas por año. Otras naciones que esporádicamente demandan este producto son: España, Holanda, Canadá, Inglaterra, Australia y Francia

El aceite esencial producido en el país se exporta a través del IMPEXNAL (Impulsora Nacional de Exportaciones, Venustiano Carranza N° 6, 5° piso, Centro) con la fracción arancelaria 3301 A-038 a un precio por Kg. de \$ 35.50 U.S. dólares puesto en puerto o frontera.

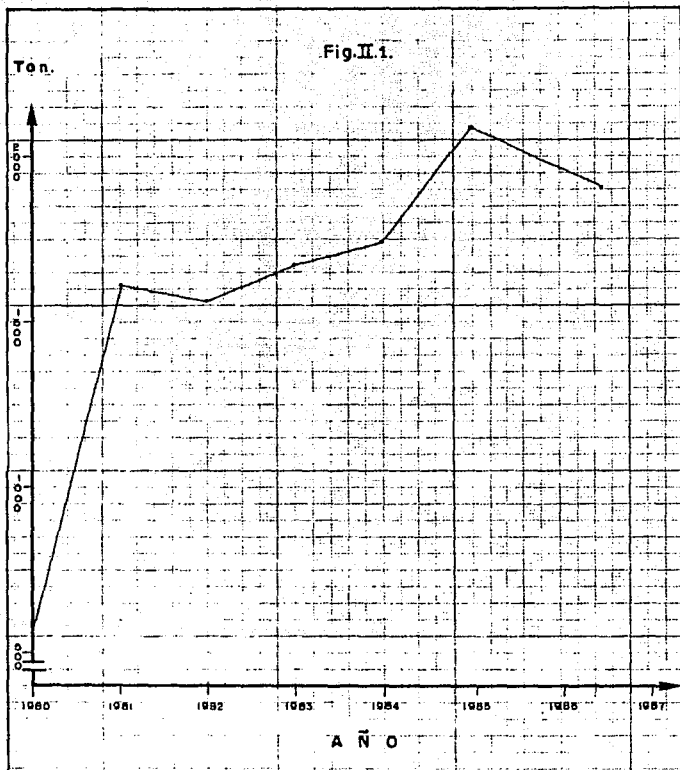
La presentación del producto es en tambores sellados de 180 Kg. cada uno.

Del total de las exportaciones que coloca el IMPEXNAL, el 90% corresponde al aceite destilado y el 10% restante son de aceite centrifugado.

4. - Análisis de Consumo Aparente.

El análisis de consumo aparente es el instrumento más confiable para evaluar la tendencia del mercado interno de un determinado producto. Este parámetro puede ser estimado al sumar los volúmenes de producción e importación del producto en cuestión y restarle a ese total el volumen de exportación.

De acuerdo con esto se recurrió a la biblioteca del INFOTEC para la obtención de la información sobre los volúmenes de importación y exportación de ese producto, así como su nivel de producción para los últimos años. Los datos recopilados se presentan a continuación (Tabla II.L).



TESIS PROFESIONAL

CONSUMO APARENTE DE A. E. DE LIMÓN

PROYECTO ETERRAL

TABLA II. 1.

| Año | Exportación Volumen (Ton) | Importación Volumen (Ton) | Producción Volumen (Ton) | Consumo Aparente (Ton) |
|------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1980 | 1, 738. 8 | 127. 5 | 2, 173. 5 | 562. 2 |
| 1981 | 329. 4 | 100. 9 | 1, 832. 2 | 1, 603. 7 |
| 1982 | 222. 9 | 57. 2 | 1, 725. 8 | 1, 560. 1 |
| 1983 | 371. 4 | 127. 5 | 1, 914. 8 | 1, 670. 9 |
| 1984 | 352. 4 | 155. 3 | 1, 936. 9 | 1, 739. 8 |
| 1985 | 329. 6 | 94. 7 | 2, 320. 2 | 2, 085. 1 |
| 1986 (1/2) | 570. 4 | 74. 1 | 2, 402. 3 | 1, 906. 0 |

La gráfica de Consumo Aparente correspondiente a cada año se -- anexa (Fig. II. 1).

Como se puede observar en esta gráfica, el consumo interno de -- Aceite Esencial de Limón se ha incrementado drásticamente a partir -- de 1980, tendiéndose solamente un período de cierta estabilidad entre -- 1981 y 1984, para después incrementarse en los últimos años. La ex -- plicación a este comportamiento en el Consumo Aparente involucra -- tres diferentes fenómenos; por una parte la proliferación de plantas -- de Aceite Esencial Destilado y la ampliación de las ya existentes du -- rante la primera mitad de la década de los setentas, en que el pre -- cio de la Esencia en el mercado internacional hacía atractiva su pro -- ducción, esto dejó a la planta industrial mexicana una capacidad ins -- talada sobrada para la segunda mitad de esta misma década que pron -- to saturó el mercado de exportación. El exceso de oferta de este pro -- ducto aunado al propio desenvolvimiento del mercado internacional, ge -- neró un estancamiento en el precio de la Esencia y contribuyó aun -- más por hacerlo bajar principalmente el del Aceite Destilado. Esto se -- reflejó también en el mercado interno, pues mientras que otras esen -- cias subían de precio, la esencia de Limón bajaba. Esto atrajo la a --

tención de importantes empresas, principalmente las refresqueras, las cuales lanzaron al mercado dos nuevas e importantes líneas de refrescos de limón: "Sprite" y "Teem", los que generan un aumento alto y sostenido en el consumo de la Esencia. Finalmente esta situación fué percatada por otras industrias, generándose una gran cantidad de productos de limpieza y alimentos en que se aprovecha como aromatizante barato.

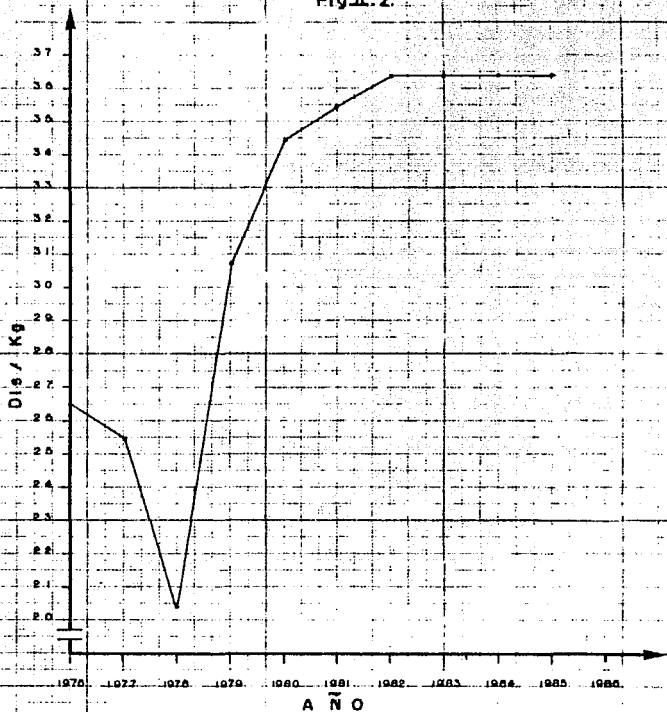
La tendencia estadística de estos datos prediciría un aumento sostenido en el consumo aparente, sin embargo dado que en general los mercados se están contrayendo o estancando en nuestro país, lo más probable es que, como se mencionó, la situación sólo se mantenga.

5. - Evolución de los Precios Promedio Internacionales del Aceite Esencial de Limón.

En general los precios internacionales promedio del Aceite Esencial de Limón se han mantenido estables en los últimos años, después de haber registrado fuertes fluctuaciones en la segunda mitad de los años setentas. Sin embargo, la inflación galopante y las devaluaciones constantes que hemos sufrido en la década de los ochentas, hace lucir la gráfica de precios en pesos mexicanos como de una tendencia exponencial, aunque en realidad su Valor Presente Neto se haya movido muy poco (Tabla II.2 y Fig. II.2.).

| Año | PRECIO INTERNACIONAL Promedio Dls./Kg | Precio Nacional Promedio Pesos/Kg. |
|------|--|---------------------------------------|
| 1975 | - | 260,00 |
| 1976 | 26,46 | 290,00 |
| 1977 | 25,45 | 500,00 |
| 1978 | 20,39 | 420,00 |
| 1979 | 30,68 | 600,00 |
| 1980 | 34,42 | 210,00 |
| 1981 | 35,42 | 750,00 |
| 1982 | 36,38 | 2,300,00 |
| 1983 | 36,38 | 3,950,00 |
| 1984 | 36,38 | 5,000,00 |
| 1985 | 36,38 | - |

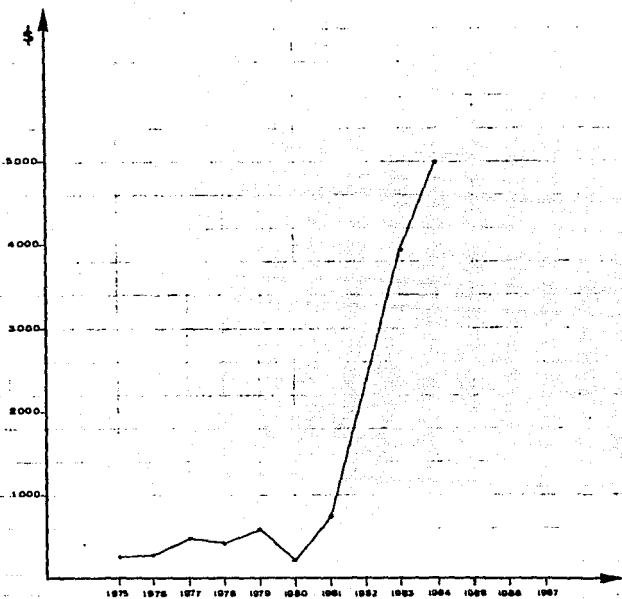
Fig II. 2



TESIS PROFESIONAL

EVOLUCION DE PRECIOS INTERNACIONALES
PROMEDIO DE A. E. DE LIMON CENTRIFUGADO
PROYECTO ETSAEL

Fig II.3.



TESIS PROFESIONAL

PRECIOS PROMEDIO DE ACEITE ESENCIAL DE LINON

PROYECTO EYEAEL

6.- Monitoreo del Mercado.

En un buen estudio de mercado, por muy veraces que sean las fuentes de información y por más congruentes que resulten las proyecciones, no se puede prescindir de las entrevistas con los proveedores de materia prima, así como con los productores y consumidores del producto en cuestión. De acuerdo con esto decidimos realizar una visita a algunas de las empresas productoras de aceite esencial de limón para recoger información y opiniones de primera mano entre la gente dedicada a su obtención.

De entre las empresas contactadas solo una accedió a la entrevista y a facilitarnos datos sobre su producción. Entre los más relevantes tenemos los siguientes:

| | |
|--------------------------|---|
| Nombre y Dirección: | Beneficiadora de Frutas Cítricas y Tropicales de Colima, S. A. de C.V. km. 259 Carretera Jiquilpan-Manzanillo Tecomán, Col. Tels.: 4-09-94 y 4-14-82 |
| Ubicación de Plantas: | Tecomán, Colima Apatzingan, Michoacán |
| Capacidad de Producción: | Colima 15 Ton/hr. fruta industrializada. 480 jvas/hr de fruta fresca empacada. Apatzingan 15 Ton/hr fruta industrializada. 200 jvas/hr de fruta fresca empacada. |
| Productos de Línea: | Fruta Clasificada Jugo Concentrado Clarificado Jugo Concentrado Turbio Aceite Destilado Aceite Centrifugado A y B Cáscara Deshidratada. |

Con respecto a estos tres últimos productos, Benefrut aportó datos sobre sus costos de producción, ventas, etc., correspondientes al año de 1982, las cuales presentamos a continuación:

TABLA II.

Estado de Resultados Margina 1982

| Porcentaje Relativo de Ventas | Producto | Tabla de Ventas (Miles de Pesos) | Costos de Operación (Miles de Pesos). | Gastos de Operación | Costo Total |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------|
| 62% | Aceite Destilado | 274,568.25 | 213,495.00 | 22,195.00 | 235,690.00 |
| 15% | Aceite Centrifugado | 324,352.40 | 258,260.00 | 26,849.00 | 285,109.00 |
| 23% | Cáscara Deshidratada | 26,310.85 | 23,934.00 | 2,059.00 | 25,993.00 |

De los datos presentados en la tabla anterior se comprueba que es el aceite destilado el que más se produce y vende, en una proporción - cuando menos 4 veces mayor a la del aceite centrifugado.

A pesar de ello, el precio de este último es mayor y permite un mayor margen de ganancia por concepto de utilidad bruta, la cual es prácticamente igual en porcentaje a la obtenida en la venta del aceite destilado.

Digno de apuntarse es también el escaso margen de utilidad (1.2%) obtenido en la producción y venta de la cáscara deshidratada, en comparación con el alto porcentaje de sus ventas. Esto hace pensar en la existencia de un mercado fuerte para los productos que se obtienen a partir de ella, y por consiguiente, en la conveniencia de establecer una estrategia por la cual se pudiera procesar la cáscara deshidratada, sin embargo, para ello sería necesario que la cáscara no fuera maltratada lo cual en una planta que no procesa fruta entera es imposible.

Una charla, sobre la situación de las ventas de estos productos, generó opiniones muy interesantes, las cuales trataremos de resumir en los siguientes comentarios.

Situación del Mercado de los Diferentes Productos.

Aceite Destilado: Problemas por Saturación del Mercado
Aceite Centrifugado A y B: Venta Normal
Jugo Concentrado: Venta Normal, mercado ascendente.
Cáscara Deshidratada: Venta Normal
Fruta Fresca: Venta Normal. Meses Problema - Mayo-Junio.

De acuerdo con lo anterior, solo el aceite destilado tiene problemas en cuanto al desenvolvimiento de su mercado, contrastando con la - tendencia de continuidad y/o crecimiento que presentan los demás. Esto parece concordar con el aumento inusitado en el consumo aparente y la proliferación de productos en los que se utiliza esta esencia a partir de 1981, explicándose ambos fenómenos como un intento por aprovechar - los excedentes de producción, los cuales al parecer siguen siendo toda vía difíciles de colocar por parte de los productores.

7.- Disponibilidad de Materia Prima.

En el caso particular de este proyecto, la única materia prima es la cáscara de limón de desecho que se pretende recoger de restaurantes y otros establecimientos, de ahí que determinar su disponibilidad sea motivo de un estudio profundo el cual será llevado a cabo en el capítulo IV.

8.- Localización de la Planta.

Debido a que se ha planteado la recolección de la cáscara de desecho que tiene la Cd. de México y dado que la capital representa aproximadamente un 70% del mercado interno del aceite esencial de limón, se ve la necesidad de que en un principio la planta se localice en esta ciudad, de preferencia en una colonia donde ya se hallen operando - industrias medianas y donde pueda haber algún terreno libre de aproximadamente 300 m². Además de la extensión señalada, debe contar con drenaje, toma de agua, líneas de luz y teléfono, y estar ubicado sobre una avenida o calle relativamente ancha a fin de poder realizar maniobras con camiones sin problemas. En principio se prefiere que esté -- ubicado en el norte de la metrópoli al ser esta zona una de las más -- densamente pobladas y por ende, una donde el desperdicio de cáscara de limón puede ser mayor, además de ser precisamente este rumbo donde se encuentran establecidas más industrias.

Sin embargo, en caso de no encontrar un sitio idóneo se puede recurrir a otra opción en cualquier otra parte de la ciudad siempre y cuando no se rebase los límites del distrito federal. Posibles opciones para la localización de la planta son: Industrial - Vallejo, Nueva Industrial Vallejo, Granjas México, Granjas San Antonio, Bondojito y Agrícola Oriental.

A pesar de que esta decisión limita la posibilidad de crédito para la empresa al ubicarse dentro de la zona III A, es preferible al evitar mayores cargos por concepto de transporte los cuales son ya de por sí altos si consideramos todos los gastos de recolección.

Una vez que la planta haya empezado a producir, tenga ya establecido un mecanismo de recolección eficiente y haya saturado su capacidad de producción, se plantea la conveniencia de trasladar la planta fuera del distrito federal y específicamente a la ciudad de Orizaba. Esto se estima que tomará de 2 a 3 años y algunas de las razones que se arguyen para proponer esta ciudad veracruzana se presentan a continuación.

La zona Orizaba-Córdoba cuenta con suficientes servicios generales e infraestructura, entre los que contamos la planta hidroeléctrica de Tuxpango con una capacidad de 36 000 KW y la de Temazcal-Tuxpango con 60 000 KW. Se dispone de agua para uso industrial, así como combustible gracias al gaseoducto que atraviesa la región.

Hay oficinas de telégrafos, correos, teléfonos y telex.

Se tiene una completa comunicación por carreteras y ferrocarril con la cuenca del Papaloapan, la capital del estado y la capital de la República, de la que dista sólo 315 km que se recorren en poco menos de 3 horas. Por otra parte se cuenta con una moderna autopista entre esta ciudad y el puerto de Veracruz, la cual ya ha sido ampliada en más de las 3/4 partes de su trayecto de 110 km de ahí que pueda recorrerse en 1 hr y permita el transporte de productos de exportación con seguridad y rapidez.

El ferrocarril de Sureste que pasa por Orizaba, es una buena opción de comunicación con Campeche y Yucatán.

En la región se encuentran sucursales de los bancos y servicios financieros más conocidos. Hay también instituciones de servicios médicos y asistenciales, así como de emergencia y vigilancia.

Además de todo lo anterior, en todo el estado de Veracruz -- hay un área de 66217 hectáreas cultivadas con cítricos, la mayoría de las cuales se concentran en esta zona limítrofe con el estado de Puebla, de ahí que se cuente con materia prima suficiente al contar con empresas dedicadas a la producción de jugo que actualmente no aprovechan la cáscara.

Algunos otros datos sobre la población económicamente activa de la región son los siguientes:

| | |
|---------------------------------|--------|
| Población Económicamente Activa | 33,27% |
|---------------------------------|--------|

Por actividades:

| | |
|-------------|--------|
| Primarias | 57.05% |
| Secundarias | 21.41% |
| Terciarias | 21.54% |

Esto revela un campo prometedor para la industria de transformación de productos primarios.

CAPITULO III

SELECCION DEL PROCESO DE OBTENCION EVALUACION DE TECNOLOGIA EXISTENTE

CAPITULO III

Selección del Proceso de Obtención. Evaluación de Tecnología Existente.

1.- Presentación.

El presente capítulo pretende hacer una exposición de los diferentes procedimientos utilizados en el mundo para la obtención de esencias, inicialmente, haciendo una presentación general para posteriormente particularizar sobre el aceite esencial de limón a partir de cáscara de desecho.

La información que se presentará a continuación, servirá de base para distinguir aquellos procesos que sean tecnológicamente viables de llegar a implementarse, dependiendo de ello la elección del procedimiento de manufactura a seguir y por ende, toda la ingeniería y trabajos posteriores, de ahí la importancia de un adecuado manejo de esta información.

La evaluación final será hecha en función de reglas heurísticas de proceso y de estimaciones económicas muy someras, así como de consideraciones tomadas del estudio de mercado.

Sobre el particular es necesario hacer notar que los procedimientos generales de obtención de esencias son muy diferentes entre sí, de ahí que las variables que comunmente se utilizan para hacer una evaluación heurística como son la temperatura, la presión, etc. tendrán que cambiarse por aspectos más generales que si sean comunes a todas las técnicas por calificar.

2.- Métodos Generales para la Obtención de Esencias.

Los métodos por los cuales pueden ser obtenidos industrialmente los aromas o esencias naturales se pueden clasificar en dos catego--

rias:

- a) Métodos de extracción de esencias que se encuentran totalmente formadas.
- b) Procedimientos para la obtención de esencias que se forman en el proceso de fabricación.

A la primera categoría corresponden los métodos de ESTRUJADO, DESTILACION, EXTRACCION Y MACERACION. A la segunda categoría corresponde el método de Enflorado y determinados procedimientos de fermentación fundados en procesos fisiológicos, en los cuales sustancias complejas e inodoras dan lugar a esencias en grandes cantidades.

Como materia prima para la obtención de esencias naturales se consideran plantas de las clases más diversas y casi todas sus partes, - por ejemplo: las raíces del vetiver, la corteza del árbol de canela, las maderas del árbol del áloe, las hojas de la citronela, las flores y las yemas del anís, la fruta del limonero, etc.

2.1.-Procedimientos de Extracción de esencias, completamente formadas.

2.1.1.-ESTRUJADO O EXPRESION

Es un método de extracción de tipo mecánico aplicable cuando los aceites existen abundantemente en gotitas macroscópicas visibles. El número de aceites que así se pueden obtener queda exclusivamente reducido a los obtenidos de las cáscaras de limón, naranja, bergamota y lima.

La técnica puede ser realizada mediante un trabajo puramente manual por medio de un proceso sencillo y tosco con muy malos rendimientos del aceite, ya que generalmente nunca se agota el total contenido en la cáscara, pero tiene la ventaja de que los aceites reproducen el olor de una modo natural que no se logra con los otros procedimientos. Utilizando máquinas modernas se eleva el rendimiento pero se reduce un poco la calidad.

2.1.2.- DESTILACION

Los métodos de producción de esencias destilando con agua ya - sea el leño, las hojas, las flores o los frutos de las plantas se han modernizado bastante. En pocos casos se usa la destilación a fuego di recto, lo general es hacer pasar vapor de agua por entre el material, dispuesto sobre una especie de bandejas o colocado en recipientes.

Esta técnica se basa en el hecho de que todo compuesto químico orgánico forma con el vapor de agua mezclas de vapores saturados que destilan a una temperatura mucho más baja que la que corresponde al punto de ebullición del compuesto.

Algunas esencias se destilan a presión reducida con lo cual se logra que pasen a vapor a una temperatura relativamente baja lo cual evitara su posible descomposición. Para poder realizar este procedimiento se requiere que el material a procesar tenga una preparación, ya que generalmente las esencias se encuentran almacenadas en células odoríferas y esas células deben de ser abiertas para el arrastre de la mayor cantidad de esencia posible. Las hierbas, hojas, raíces, etc., se rán cortadas; las semillas serán trituradas en molinos, y las maderas serán molidas en molinos de bolas. Ahora, la finura con que se trituren estas partes vegetales será de acuerdo a la naturaleza del material. El mayor rendimiento de aceite no implica que se tenga que hacer una mayor trituración, ya que este pretratamiento sólo busca que existan espacios intermedios de tamaño adecuado por los cuales el vapor pueda penetrar más fácilmente. Según el tamaño de las partículas vegetales, debe ser también la velocidad de destilación, pues de lo contrario el vapor que entra abre pasos y canales por el material y - hace imposible la destilación de todo el material. Luego de la trituración del material este deberá de ser llevado al proceso de destilación lo más rápido posible.

Existen varias modificaciones en el método de destilación que se usarán de acuerdo al tipo de material a tratar. Estas variaciones se presentan a continuación:

Destilación Acuosa.- En el alambique de destilación se encuentra de antemano agua fría o caliente a la cual se incorporan los materiales vegetales triturados. Por calentamiento directo o indirecto se hace que el agua se evapore y expulse el aceite etéreo esto supone una pérdida de agua y su reposición, pero si se dirige el vapor sobre el material bañado con agua no es necesaria esta reposición. Por lo general los alambiques no son muy grandes en estos casos.

Destilación por Vapor.- El material vegetal se encuentra seco sobre un fondo perforado y es puesto en contacto con el vapor generado por la caldera. Estos fondos son generalmente de hierro galvanizado y sus perforaciones tienen por objeto no solo permitir el paso del vapor sino que también facilitan el escurrimiento del agua condensada. Encima de los aparatos destilatorios se dispone de un sistema de poleas y cadenas apoyadas sobre viguetas de acero para que sea más fácil la carga y la descarga.

Los alambiques suelen ser de acero o de cobre y de grandes capacidades las cuales llegan a ser de 60,000 litros. Se ajustan mediante un cierre hidráulico y por medio de pestillos, se montan sobre obras de albañilerías con montantes de acero y tienen el fondo elevado en el centro para que puedan escurrir perfectamente. Tienen tubos de descarga, serpentines de vapor para la calefacción, colectores y un refrigerante que suele estar constituido por serpentina. El líquido condensado en estos refrigerantes puede recogerse en recipientes separadores especiales, formados por vasijas provistas de placas filtrantes y de una serie de llaves para dar salida a esencia situada a diferentes alturas.

Esta técnica es el sistema de destilación más ventajoso a nivel industrial para obtener esencias.

El vapor debe de ser alimentado lo más seco posible y conservarse también seco durante la destilación, por lo tanto, siempre se trabaja con vapor saturado.

Los dos métodos de destilación acuosa y por vapor pueden combinarse entre sí de manera que los materiales sometidos a la destilación se disponen en seco por capas sobre fondos perforados haciendo hervir el agua colocada debajo de estos fondos por la introducción de vapor saturado o por calefacción de la camisa de vapor. Este método de destilación ofrece ventajas para algunos materiales ya que se descomponen menos que en una destilación con vapor y esto es debido a que el proceso se desarrolla más uniformemente. Por lo que se refiere al consumo de vapor este método es intermedio entre la destilación acuosa y la destilación por vapor.

La destilación en el vacío con el vapor de agua tiene solamente posibilidades de aplicación reducidas. El rendimiento de esencia obtenida calculada sobre la misma cantidad de agua que había que emplear en la destilación por vapor, es menor que en la destilación por vapor sin vacío, y por lo tanto la misma destilación en sí ya tiene desventajas.

Por el contrario la destilación por vapor de agua en el vacío es muy indicada para rectificar esencias impuras y también para obtener pequeñas cantidades de partes volátiles que se encuentran mezcladas con otras de elevado punto de ebullición.

2.1.3-MACERACION.

La maceración es la extracción de los perfumes con grasa o con aceites grasos.

Esta técnica representa una extracción que se puede realizar con sustancias no volátiles, sólidas y líquidas.

Para la práctica de la Maceración propiamente dicha los fabricantes usan una mezcla preparada y depurada de una manteca especial a la que le dan el nombre de cuerpo. Para la preparación de este cuerpo se emplean 30 partes de grasa de buey y 70 partes de grasa de cerdo, que deben de ser de mayor calidad. Son lavadas repetidamente con agua caliente y depuradas varias veces por fusión, con lo cual las impurezas suben como una espuma a la superficie donde son

separadas. En la época de recolección de las flores se inicia el proceso de maceración que se realiza de la siguiente manera:

Las flores son sistemáticamente extractadas con el cuerpo a unos 70° u 80° se agita durante unos 15 minutos y luego se deja reposar - durante 24 a 48 horas protegida de frío y se filtra. Mientras tanto - las flores son estrujadas en prensas hidráulicas. Las tortas prensadas se digieren con agua caliente y luego son de nuevo exprimidas en caliente. La mezcla de grasas líquidas, agua y jugo de las plantas es separada por decantación y la grasa perfumada así obtenida se re-une. Este procedimiento se repite hasta la saturación de la grasa con el aroma de las flores o hasta alcanzar la concentración que se desee.

Al procedimiento de la maceración se someten flores de rosa, de azahar, de violeta y de reseda. Los productos obtenidos tienen cantidades muy pequeñas de aceites etéreos y mucha grasa; son las pomadas comerciales que según la clase de las flores tienen color amarillo, - verde o naranja.

Ahora bien el cuerpo empleado aquí puede prepararse no solo a - partir de grasas animales sino que también se pueden emplear aceites vegetales, parafina sólida y vaselina.

Los aceites minerales tienen ciertas ventajas sobre las grasas - animales, pues estas últimas se enrancian con un largo almacenaje y - los productos finales se estropean más fácilmente. Sin embargo, investigaciones más detalladas han enseñado que los aceites minerales extraen menos perfume que las grasas.

2.1.4.- EXTRACCION

En este caso el material es introducido dentro de un equipo apropiado que contiene un solvente volátil que se encarga de extraer la - esencia. El disolvente volátil puede ser eter, cloroformo, eter de petroleo, tetracloruro de carbono, benzol, etc. Por medio de una separación cuidadosa se obtienen por este procedimiento las llamadas esencias concretas que son las más finas en calidad y que pueden ser obte

nidas de las flores. Lo más importante de esta técnica reside en el aparato así como en la buena calidad del disolvente. En la práctica esta técnica no es una cosa sencilla, ya que se deben satisfacer -- ciertos requisitos como el evitar que el extracto y el material a -- extraer estén expuestos al calor durante largo tiempo; otra es que la penetración del agente de extracción es muy difícil en flores no secas, pues el disolvente no puede ser mezclado con agua. Los disolventes orgánicos disuelven además de las esencias, numerosos componentes de las flores como resinas, ceras, colores, albuminoides, etc. que se descomponen con facilidad en la concentración de los extractos, lo cual harán a estos inaplicables y difíciles de vender. Toda impureza del disolvente queda definitivamente en el extracto obtenido y lo impurifica, de ahí los disolventes deben ser cuidadosamente depurados antes de su empleo.

Los aparatos deben estar muy bien contruídos y deben cerrar -- herméticamente por el peligro de incendio, evitándose así también la pérdida de disolvente.

2.2.- Procedimientos para la obtención de aromas que se forman en el proceso de fabricación.

Existen varias plantas que en sí no contienen perfume alguno y son hasta casi inodoras, pero con un tratamiento previo apropiado -- dan perfumes empleando determinados procedimientos fermentativos.

Estas plantas contienen ciertos glucósidos, que al ser desdoblados bajo la acción de algún fermento que generalmente se encuentra -- en la misma planta, nos dan la esencia o perfume.

Las partes vegetales deben ser primero desmenuzadas cuidadosamente con agua y quedar en reposo durante largo tiempo para que el glucósido sea descompuesto por la Diastaza. Si entonces se destila el material así preparado se obtiene en cantidad abundante el aroma formado. Los ejemplos más conocidos y sencillos son la obtención de la esencia de mostaza, el aceite de almendras amargas, el aceite de capuchina y el aceite de laurel.

2.2.1- ENFLORADO

Este método también emplea una grasa como en la maceración, so lo que se hace en frío. El proceso se realiza dejando las flores -- acabadas de cortar, esparcidas o sueltas sobre grasa fría durante - 1-3 días en espacios cerrados. Estos espacios se disponen colocando unos encima de otros, numerosos marcos de madera llamados "chasis", que rodean una placa de vidrio pintada por sus dos caras con grasa. Se repite el procedimiento hasta saturación de la grasa, luego se - separa esta y se vende como pomada que se emplea en la fabricación de perfumes, agotandola mediante alcohol caliente en recipientes ce rrados.

Los tipos de flores aptas para un proceso de enflorado son aquellas que contienen solo pequeñas cantidades de aceite pero que producen gran cantidad de perfume mientras no esten marchitas. De - acuerdo con lo dicho anteriormente el procedimiento de enflorado es una técnica que se fundamenta en prolongar la vida de la flor y en la posibilidad de que se realizen procesos que conduzcan a la forma ción de perfumes

3.- Tecnología Existente para la Extracción de Aceite Esencial de - Limón.

El aceite esencial de limón puede ser obtenido por métodos de es trujado y destilación principalmente. El procedimiento de obtención por arrastre de vapor es uno de los más viables tecnológicamente, de ahí que lo presentaremos en detalle en la próxima sección, por el mo mento, nos limitaremos a exponer en forma somera los diferentes - procedimientos por estrujado.

La extracción de tipo mecánico del aceite se puede efectuar operando sobre la fruta entera, o sobre la cáscara. En el caso particular de este proyecto solo son relevantes los procedimientos que actúan sobre la cáscara, sin embargo, trataremos de dar una breve semblan za de los que operan con fruta entera.

De igual forma presentaremos solo los 2 procedimientos manuales más conocidos, los cuales sin embargo, resultan obsoletos hoy en día.

3.1.- Procedimientos que operan sobre el fruto entero.

Los procedimientos que tratan el fruto entero pueden ser clasificados de acuerdo a la acción ejercida sobre su superficie, en la forma siguiente:

| | | |
|-------------------------------|-----------|---|
| | Manuales | Escudilla |
| Extracción sobre fruta entera | Mecánicos | "Striatura" "Pelatura" Especiales |

3.1.1.- Procedimientos Manuales.

El método de la escudilla es uno de los más antiguos en cuanto a extracción de aceite de limón.

La escudilla es una vasija semiesférica de 20-25 cm. de diámetro y hecha de cobre estañado cuya parte interior está cubierta de púas de unos 6 a 10 mm de longitud. El fondo está unido con un tubo hueco por el que pasa la esencia a un recipiente. El fruto entero se pone en la escudilla y mediante un movimiento de rotación rápido se rompen las celdas que contienen la esencia en la cáscara. La operación es larga y delicada y el rendimiento es bastante bajo aunque la calidad del aceite es excelente.

3.1.2.- Procedimientos Mecánicos

Striatura.

El procedimiento de "Striatura" consiste en hacer estrías o surcos sobre la cáscara, operación que generalmente no es drástica y daña al mínimo los tejidos.

Las máquinas en que se realiza, conducen los limones a cámaras o canales provistos de ralladores, puntas o navajas que por medio de vi

bración rompen las celdas aceitífera. El proceso puede llevarse a cabo bajo el agua o bien con ayuda de una lluvia que arrastra el aceite extractado.

La mayoría de las máquinas que se utilizan para la "Striatura" son de fabricación italiana. Algunos de los tipos más comunes son los siguientes:

Máquina Perroni-Paladini
Máquina Lo Verde
Máquina Vinci
Máquina IFAC-SCHWOB.

Pelatura.

El proceso de "Pelatura" se refiere a la abrasión total de las capas superficiales del fruto que contienen las celdas del aceite.

Las máquinas que lo realizan, presan el fruto entre dos secciones geométricas de acero inoxidable dotadas con puntas piramidales u otras asperezas abrasivas que por medio de movimientos giratorios y ligeros aumentos de presión, raspan la totalidad de la cáscara. Solo la máquina "Speciale" no sigue este principio al estar provista de un corredor largo por donde circulan los limones y cuyo fondo está constituido por 2 pares de rodillos cubiertos de asperezas que giran encontradamente.

En todas una corriente de agua en forma de lluvia arrastra el aceite formando una emulsión que después de filtrarse, pasa a un vaso de decantación donde permanece entre 3 y 12 horas hasta lograrse la separación de las fases.

La calidad del aceite que se obtiene por este método es buena siempre y cuando el tiempo de abrasión no supere los 90 seg. y la velocidad de los elementos abrasivos no exceda los 70 r.p.m. Un tratamiento más profundo aumenta el rendimiento pero disminuye la calidad del aceite.

Las máquinas de pelatura se clasifican bajo el nombre genérico de "Pelatrice" y entre los principales tenemos:

Máquina Avena
Máquina Speciale
Máquina Cannavo
Máquina Fraser-Brace
Máquina Jaf-Ora
Máquina Hyland-Stanford
"Drum Extractor"

Especiales.

Dentro de los procedimientos especiales podemos mencionar a las máquinas "Calabresi" y Abattimento", cuyo funcionamiento no incluye agua, lacerando los frutos y recogiendo el aceite sobre cedazos de lana. Sin embargo, el principal sistema considerado como especial, - lo constituyen los extractores FMC, los cuales permiten la separación instantánea de los elementos constitutivos de la fruta, evitando que se pongan en contacto entre sí, lo que tendría un efecto adverso sobre la calidad de los productos finales. La recuperación del aceite y la extracción del jugo se efectúan en forma simultánea al ejercer presión el tubo filtro de pre-terminado sobre la cáscara y ser bañada ésta por una lluvia de agua para arrastrar la esencia.

Su ciclo básico de operación se lleva a cabo en 4 etapas las cuales se visualizan en la fig. III.1 y que explicamos a continuación:

E.1.- El Cortador superior corta un disco en la parte superior de la fruta para permitir la separación de la cáscara de las porciones internas.

La copa superior y la copa inferior soportan la parte exterior de la fruta a través del ciclo de extracción para evitar que la fruta reviente.

El cortador inferior corta un disco en la parte inferior de la fruta, para permitir que las porciones internas de la misma ingresen al tubo de preterminado (tubo filtro).

El tubo de pre-terminado separa el jugo de los otros elementos internos de la fruta, en base al tamaño de las partículas de pulpa.

El colector de jugo recibe el jugo y la pulpa del jugo.

El tubo de orificio ejerce presión dentro del tubo de pre-terminado (tubo filtro) y recoge y descarga membrana y semillas.

E.2.- En esta fase inicial del ciclo de extracción, la copa superior se mueve hacia abajo para ejercer presión sobre la fruta, de modo tal que los dos cortadores circulares superior e inferior comienzan el corte de los discos de cáscara.

El diseño exclusivo de las copas permite soportar la fruta de manera tal que no revienta mientras recibe una presión de extracción uniforme.

E. 3.- A medida que el ciclo de extracción continúa, la presión sobre la fruta aumenta, haciendo que las porciones internas sean forzadas a través del corte interior de la cáscara, hacia el tubo de pre-terminado (tubo filtro). La cáscara es desplazada hacia arriba a través del espacio que queda entre la copa superior y el cortador superior.

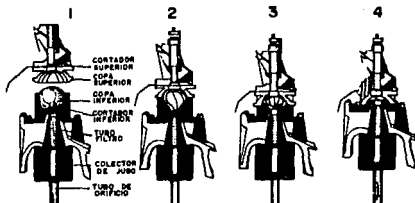
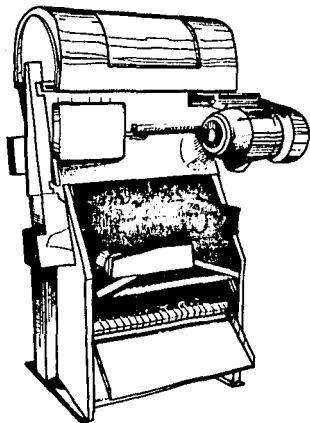
Al pasar por este orificio anular la cáscara recibe una presión tal que prácticamente todas las celdas aceitíferas se rompen, al tiempo que espumas circulares situadas encima de los cortadores, lanzan agua a presión que arrastra el aceite. La mezcla es recogida en una

A

TESIS PROFESIONAL

PROCEDIMIENTOS MECANICOS ESPECIALES SOBRE PRUTA ENTERA
EXTRACTOR FMC EN LINEA.
PROYECTO ESTEAL

Fig. III. 1



charola y transportada por un transportador de tornillo hacia un "finisher" donde se filtra y queda lista para ser separada por centrifugación o destilación.

E.4.- Al finalizar el ciclo de extracción las porciones internas de la fruta están ubicadas en el tubo de preterminado (tubo-filtro).

En éste instante el tubo de orificio se mueve hacia arriba, -- ejerciendo presión sobre el contenido del tubo de pre-terminado (tubo filtro).

Esto hace que el jugo y la pulpa del jugo, dado el tamaño pequeño de las partículas, fluyan a través de las perforaciones del tubo de pre-terminado (tubo filtro), cayendo dentro del colector de jugo.

Aquellas porciones internas de la fruta cuyo tamaño de partículas es mayor que las perforaciones del tubo de pre-terminado (tubo filtro), son empujadas a través de una apertura en el tubo de orificio y descargadas por abajo.

3.2.- Procedimientos que operan sobre la cáscara.

Los procedimientos que operan sobre la cáscara pueden ser clasificados de la siguiente forma:

| | Manuales | España |
|-----------------------------|-----------|--|
| Extracción sobre la cáscara | | |
| | Mecánicos | "Sfumatura" "Presión" Especiales |

3.2.1.- Procedimientos Manuales.

El proceso de la esponja consiste en comprimir varias veces, - acompañando con un movimiento rotatorio, la cáscara contra un sistema de esponjas naturales colocadas en un jarro. Por presión acompañada de torsión, el aceite junto con el líquido de la cáscara, pasa de la esponja al jarro y por simple decantación la esencia se separa de los otros líquidos y de los detritos.

La cáscara puede ser también exprimida entre dos rejillas metálicas y la esencia recolectada sobre esponjas situadas debajo de la rejilla fija.

3.2.2.- Procedimientos Mecánicos.

Sfumatura.

El procedimiento de "Sfumatura" se fundamenta en el tratamiento abrasivo de la cáscara a presión constante o creciente.

Las máquinas que lo realizan poseen tambores, rodillos o discos dotados de dientes de acero inoxidable y de muelles que permiten la aplicación de una presión regulable sobre la cáscara. La recolección es ayudada por un baño de agua.

Entre los principales tipos de máquinas que realizan este proceso conocidas como "Sfumatrice" se encuentran las siguientes:

Sfumatrice Avena
Sfumatrice Speciale Mod. 6R
Sfumatrice Indelicato
Sfumatrice Ramini

Presión.

Estos métodos aplican una elevada presión sobre la delgada - cáscara de limón provocando la expulsión del aceite. Para ello - se utilizan prensas de rodillo o helicoidales, que generalmente no requieren de agua para ayudar a la extracción.

Las prensas de rodillo poseen canales longitudinales donde se recoge el aceite una vez que la cáscara ha sido prensada en el estrecho espacio libre entre los ródillos. En el caso de las prensas helicoidales la presión se incrementa a medida que la cáscara avanza a lo largo de los 2 gusanos acoplados en tanto que el aceite se acumula en una canal.

El rendimiento promedio de estos procedimientos es del 0.68 al 0.75% en peso, pero se tiene la desventaja de que la cáscara sufre una trituración parcial y la esencia entra en contacto con el albedo esponjoso que tiende a reabsorberla.

Especiales.

Estos procedimientos actúan sobre el flavado de la cáscara. La máquina que lo realiza corta los limones automáticamente en mitades y exprime el jugo por incremento de la presión sobre los frutos partidos. Después que el jugo ha sido separado, la cáscara de las frutas, es firmemente presionada por un rodillo acanalado en un lado y una guía lisa en el otro. Durante esta operación la cáscara es completamente aplastada y filosos cuchillos separan la sección exterior (flavado).

El flavado separado es cortado en pequeñas partículas de aproximadamente 5 mm de diámetro y simultáneamente se le agrega a la masa resultante un volumen más o menos grande de agua (3800 l/15 Ton de flavado), la cual actúa como medio de arrastre para el aceite. - La mezcla pasa a través de un lavador-extractor a contracorriente - que separa los sólidos del agua. La emulsión se pasa a través de una super-centrifuga para producir el aceite clarificado.

Esta máquina es eficiente y de gran capacidad.

4.- Procesos Tecnológicos Viables.

En función de la información presentada en el capítulo I y en las secciones anteriores, se tiene elementos suficientes para inferir procedimientos o adaptar procesos ya definidos a la utilización de cáscara de desecho. Es por ello que en función de la naturaleza del aceite esencial de limón y por el hecho de manejar una cáscara, podemos eliminar a-priori los procedimientos de extracción con solventes, maceración y todos los que trabajan con fruta entera o con esencia sin formar, quedando como métodos generales viables la destilación y el estrujado.

En la destilación consideramos que el método más correcto a utilizar es el proceso combinado por ser más uniforme y más fácil de controlar.

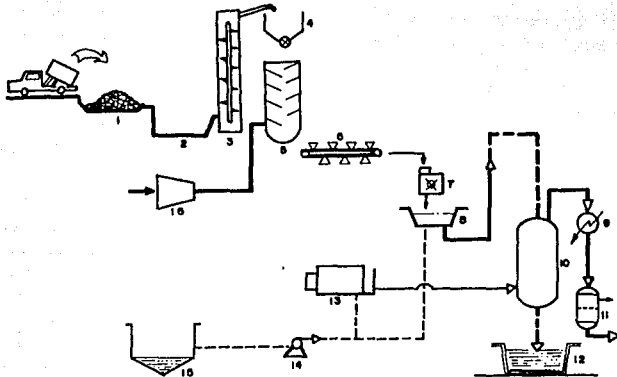
En cuanto al método de estrujado, consideramos viable la utilización de una máquina tipo "sfumatrice" y una separación posterior del aceite mediante centrifugado o evaporación.

A continuación expondremos más en detalle estos procesos para posteriormente proceder a su evaluación y discriminación.

4.1.- Proceso de Obtención de Aceite Destilado.

La cáscara de desecho se recibe y se pesa en una báscula. Una vez registrado el peso y procedencia, se almacena en un depósito de PVC, de donde se alimenta por un elevador de cangilones a una tolva dosificadora que descarga a un tanque de acero inoxidable, donde se procederá a lavar las impurezas, restos de salsa o cualquier otro alimento que pudieran traer. Este tanque estará provisto de difusores de aire en su base, así como, de un sistema de volteo para descargar. El tanque contendrá agua con un detergente adecuado, cuya acción será facilitada por el movimiento generado por la inyección de aire.

Fig. III.2



- 1.- APILADO DE CASCARAS DE LINON.
 2.- DEPOSITO COLECTOR.
 3.- ELEVADOR DE CANGILONES.
 4.- TOLVA.
 5.- TANQUE DE LAVADO.
 6.- BANDA DE ENJUAGUE.
 7.- MOLINO.
 8.- TANQUE DE ALMACENAMIENTO.
 9.- CONDENSADOR.
 10.- DESTILADOR.
 11.- DECANTADOR POR DIFERENCIA DE DENSIDADES.
 12.- RECEPCION DE CASCARA ABOTADA.
 13.- CALDERA.
 14.- BOMBA.
 15.- TANQUE DE AGUA TRATADA. 16.- COMPRESORA

A

TESIS PROFESIONAL

PROCESO PARA LA OBTENCION DE ACEITE
 DESTILADO
 PROYECTO ETEAEL

Terminada esta operación se drena el tanque y las cáscaras son descargadas a una tolva dosificadora que descarga a una banda transportadora sobre la que se tiene un tren de espreas cuya finalidad es realizar un enjuagado. La banda las deposita en un molino de martillos cuya finalidad es romper parcialmente las cáscaras de tal forma que se abran las celdas aceitferas. Con la mayor rapidez que sea posible, se colocan las cáscaras sobre discos criados a diferentes alturas dentro del cuerpo del destilador, cuya parte inferior deberá contener un 10% de su volumen de agua.

El destilador se sella herméticamente y se empieza a alimentar vapor al tiempo que se controla el aumento en la temperatura y se empieza a recircular agua por el condensador.

El condensado se acumula en un tanque separador de tipo "florentino" donde se separa el aceite del agua remanente.

El aceite destilado es entonces analizado para determinar en qué grado es necesario purificarlo mediante una segunda destilación, la cual se lleva a cabo al vacío.

La cáscara agotada se descarga del destilador y se prepara para su deshidratación y eventual procesamiento como alimento para ganado.

El diagrama de flujo de este proceso y la lista de equipo básico para su implementación se presenta en la fig. III.2.

Comentarios.

El proceso de destilación por arrastre de vapor es el más utilizado por las plantas productoras en México, sin embargo, no es lo más común destilar cáscara, sino frutos enteros o la mezcla aceite-juugo.

Con respecto al proceso descrito debemos decir que cuenta con una eficiencia aceptable (0.36% en peso), una duración de entre 5 y 7 horas hasta lograr el total agotamiento de la cáscara y un total

de 2 separaciones, la destilación y la decantación.

El proceso no requiere de equipo sofisticado, ni en una cantidad exagerada, sin embargo, el volumen de cáscara a destilar y la cantidad de condensados hacen que los equipos tengan que ser robustos y de gran capacidad. Su duración consume prácticamente un turno de trabajo, lo cual aumenta los requerimientos de servicios (vapor y agua) y las condiciones de presión y temperatura que se pueden alcanzar hacen necesario que se tenga menos flexibilidad en cuanto a condiciones de seguridad e instrumentación industrial. Esto aunado a la duración de las maniobras de carga y descarga hace que los requerimientos de supervisión y mano de obra se incrementen.

Finalmente, la calidad del producto obtenido puede ser afectada por variaciones en la temperatura que puedan descomponer algunos componentes, además de que los compuestos más pesados difícilmente se les encuentra en el producto final.

4.2.- Proceso de Obtención de Aceite Centrifugado Tipo B.

El aceite centrifugado se obtiene en 2 formas:

A.- Los limones enteros son prensados y la emulsión a separar es jugo-aceite.

B.- Los limones o las cáscaras son tratados en una máquina rag padora bajo una lluvia de agua y la emulsión agua-aceite es separada.

De acuerdo con lo anterior nuestro proceso plantea el obtener aceite tipo B. Para ello se recibe y se lava la cáscara en igual forma a la descrita para el proceso anterior, solo que al final del enjuagado en la banda transportadora se tiene la tolva de la máquina "sfumatrice" en donde las cáscaras son prensadas bajo una lluvia de agua. La emulsión es enviada por una bomba a un filtro donde se eliminan los detritos y de ahí se descarga al interior de una centrifugada. Una vez en ella, el aceite es separado y posteriormente, se -

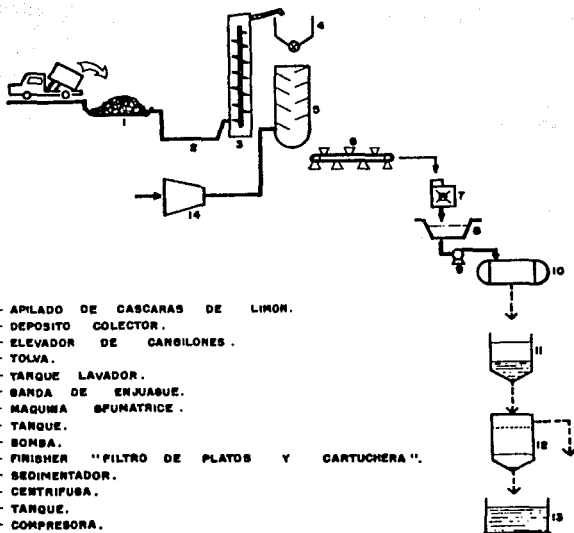


Fig. III. 3



TESIS PROFESIONAL

PROCESO PARA LA OBTENCION DE ACEITE CENTRIFUGADO
 TIPO B

PROYECTO ETEAEL

le analiza para determinar si se le somete a una segunda centrifugación conocida como "pulido". Los restos de cáscara que salen del cuerpo de la máquina raspadora son recogidos y preparados para su deshidratación y procesamiento como alimento para ganado.

El diagrama de flujo de este proceso y la lista de equipo básico para su implementación se presenta en la fig. III.3.

Comentarios.

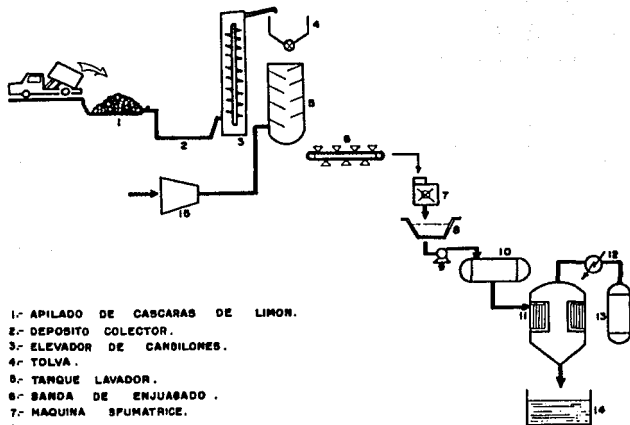
El proceso de centrifugado es utilizado apenas por el 18% de las plantas productoras en el país, siendo menos aún los que producen aceite tipo B.

Este proceso cuenta con una buena eficiencia (0.28% en peso) y un total de 2 separaciones, la filtración y la centrifugación. El proceso es semicontinuo, de ahí que el tiempo de procesado dependerá de la cantidad de cáscara y de la capacidad de la máquina raspadora. Siendo conservadores y considerando un total de recolección de 2 Ton/día, el proceso duraría 2 horas como máximo.

El proceso no requiere gran cantidad de equipo, pero algunos de ellos si son sofisticados de ahí que la instrumentación sea un factor importante. Por el contrario, los requisitos de supervisión, seguridad y servicio son mínimos y la calidad del producto final es excelente al conservarse todos sus componentes y tener una nota más natural.

4.3 Proceso de Obtención de Aceite de Limón por Estrujado y Evaporación.

En este procedimiento se recibe, lava y exprime la cáscara como en el proceso anterior, solo que la emulsión después de filtrada se acumula en el cuerpo de un evaporador de simple efecto especial, conocido como T.A.S.T.E. (Thermoaccelerating Short Time Evaporator), el cual lleva a cabo la recuperación de la esencia en escasos 2.5 minutos, además de contar con las siguientes ventajas:



- 1.- APILADO DE CASCARAS DE LIMON.
- 2.- DEPOSITO COLECTOR.
- 3.- ELEVADOR DE CANGILONES.
- 4.- TOLVA.
- 5.- TANQUE LAVADOR.
- 6.- BANDA DE ENJUAGADO.
- 7.- MAQUINA SPUMATRICE.
- 8.- TANQUE.
- 9.- BOMBA.
- 10.- FINISHER "FILTRO DE PLATOS Y CARTUCHERA".
- 11.- EVAPORADOR VASTE SIMPLE EFECTO.
- 12.- CONDENSADOR BAROMETRICO.
- 13.- TANQUE RECEPTOR DE ESENCIA.
- 14.- TANQUE DE RESIDUOS.
- 15.- COMPRESORA.

Fig. III. 4



TESIS PROFESIONAL

PROCESO DE OBTENCION DE ACEITE DE LIMON
 POR ESTRUJADO Y EVAPORACION
 PROYECTO ETEAEL

- Bajo Costo de Operación
- Calidad alta de producto terminado
- Alta capacidad de producción
- Conservación del aroma natural
- Operación completamente automática

El evaporador trabaja a presión reducida de ahí que el punto de ebullición de la esencia disminuye considerablemente. Para condensar la se utilizan condensadores barométricos que usan amoníaco y freón a una temperatura de -20°C a la cual se puede condensar d- limoneno, esterés, aldehídos y todos los demás componentes extractados. El costo de este sistema especial es aproximadamente igual a la décima parte del total.

Los vapores que salen del evaporador a una temperatura son utilizados como fuente de energía en las siguientes etapas lográndose así un considerable ahorro en el costo de operación. Generalmente se requiere de 4 etapas, para lograr la total recuperación de la esencia. La operación en todos estos pasos es totalmente automática, el único cuidado que se debe tener es mantener los evaporadores limpios a fin de mantener intacta su capacidad de intercambio.

Estos evaporadores se venden en paquete, de ahí que su instalación en planta no lleva más de 1 semana.

Comentarios.

El proceso que se presenta en una tecnología muy reciente que no se utiliza en México, entre otras cosas debido a su alto costo. Este proceso cuenta con una excelente eficiencia en cuanto a la recuperación por evaporación, de ahí que esta depende básicamente de la extracción en la máquina sfumatrice, por lo que podemos hablar de un 0.30% en peso.

El proceso es contínuo y cuenta con 2 separaciones en total, la filtración y la evaporación, solo que esta última se lleva a cabo en 4 pasos. El tiempo de procesado es muy corto en la evaporación y solo depende de la velocidad de la máquina raspadora.

Siendo conservadores podemos decir que en total consumiría - entre 1 y 2 horas procesar 1 tonelada de cáscara.

Por otra parte, los equipos son muy sofisticados y no son pocos, esto aumenta los requerimientos de servicios, instrumentación, y seguridad en tanto que reduce los de supervisión.

En cuanto a la calidad del producto obtenido, esta es excelente.

5.- Análisis Técnico de los Procesos Viables.

Consideraciones Económicas. Selección de Proceso.

El análisis técnico de los procesos presentados se lleva a cabo mediante una evaluación empírica basada en sencillas reglas heurísticas.

Los factores que se toman en cuenta en cualquier análisis de esta naturaleza son: presión, temperatura, tiempo, catalizador, número de pasos, entalpía y medio de reacción. Sin embargo, los procesos que hemos descrito no corresponden a reacciones químicas sino a la extracción de un producto natural, de ahí que muchas de estas variables no sean aplicables y tengan diferente naturaleza en cada uno de estos procesos, es por ello que hemos tomado otros aspectos que sí sean comunes a los 3 procedimientos planteados y que al impactar en forma diferente en cada uno puedan ser considerados como criterios de selección. Estos aspectos son: tiempo, eficiencia, número de separaciones, cantidad de equipo requerido, requerimiento de seguridad, servicios, instrumentación, supervisión y calidad del producto terminado.

De los factores obtenidos hay unos que tecnológicamente son más importantes que otros, de ahí que se les tenga que ponderar con una escala de calificación más alta. La ponderación de cada variable y el criterio heurístico seguido se presenta a continuación:

| | | |
|--------------------------------|--|------|
| Tiempo | "Favorezca procesos de corta duración" | 0-6 |
| Eficiencia | "Favorezca procesos de la mayor eficiencia" | 0-10 |
| Separaciones | "Evite procesos con muchas separaciones" | 0-6 |
| Complejidad del Proceso | "Evite procesos que por su complejidad aumenten la cantidad de equipo básico" | 0-6 |
| Servicios | "Favorezca procesos que requieran menor cantidad de servicios" | 0-6 |
| Seguridad | "Favorezca procesos que no incluyan disolventes inflamables, sustancias tóxicas o condiciones críticas". | 0-6 |
| Instrumentación | "Favorezca procesos que requieran menos automatización o control". | 0-4 |
| Supervisión | "Favorezca procesos que requieran menor supervisión y mano de obra". | 0-8 |
| Calidad de Producto Terminado. | "Favorezca procesos que eleven la calidad del producto terminado". | 0-10 |

Las características de cada procedimiento se resumen en la tabla III.1, y su calificación de acuerdo a la escala presentada anteriormente se presenta en la tabla III.2.

De acuerdo a los resultados de la tabla III.2 el procedimiento que técnicamente es más recomendable es el proceso de centrifugación,

TABLA III.1

| Variables | Procesos Tecnológicos Viables | | |
|------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------|
| | Destilación | Centrifugación | Estrujado Evaporación |
| Tiempo | 7 hrs. | 2 hrs. | 1 hrs. |
| Eficiencia | 0.36% | 0.28% | 0.30% |
| Separación | 2 | 2 | 2 |
| Complejidad de Proceso | Regular | Baja | Alta |
| Servicio | Regular | Baja | Alta |
| Seguridad | Regular | Baja | Regular |
| Instrumentación | Regular | Alta | Alta |
| Supervisión | Alta | Baja | Baja |
| Calidad del producto | Regular | Alta | Alta |

TABLA III.2

| Factor de análisis | Procesos Tecnológicos Viables (Calificación) | | | |
|--------------------|--|----------------|-----------------------|------------------|
| | Destilación | Centrifugación | Estrujado Evaporación | Escala Ponderada |
| Tiempo | 0 | 6 | 6 | 0-6 |
| Eficiencia | 10 | 4 | 6 | 0-10 |
| Separación | 4 | 4 | 4 | 0-6 |
| Complejidad | 4 | 6 | 0 | 0-6 |
| Servicios | 4 | 6 | 0 | 0-6 |
| Seguridad | 4 | 6 | 4 | 0-6 |
| Instrumentación | 2 | 0 | 0 | 0-4 |
| Supervisión | 0 | 8 | 8 | 0-8 |
| Calidad | 6 | 10 | 10 | 0-10 |
| T o t a l | 34 | 50 | 38 | |

cuya implementación dependerá ahora de consideraciones de tipo económico.

Desde este punto de vista, el proceso de centrifugación es - nuevamente el más favorecido y algunas de las razones que fundamentan esta afirmación son los siguientes:

- a) La inversión fija que es necesario realizar se puede inferir de los requerimientos de equipo y complejidad del proceso, - así pues, se puede descartar el proceso de evaporación. En cuanto a los restantes, el equipo de centrifugación es más sofisticado y por ende más caro, sin embargo la gran capacidad requerida por los equipos de la destilación hacen que ambas inversiones sean parecidas, prefiriéndose la primera por presentar mejores características técnicas.
- b) El estudio de mercado en la sección de monitoreo estableció que el mercado del aceite destilado se encontraba saturado y que el colocar pedidos de este producto empezaba a ser problemático, en tanto que el mercado del aceite centrifugado se mantenía normal.
- c) El precio internacional del aceite destilado por libra es hasta 3 veces menor que el del aceite centrifugado (5.60 dls destilado; 17.50 dls centrifugado) de ahí que sea más conveniente producir este último.

Por todo lo anterior, se decidió utilizar el proceso de centrifugación en el diseño de nuestra planta.

CAPITULO IV

ESTUDIO ESTADISTICO DE DISPONIBILIDAD DE CASCARA DE DESECHO

CAPITULO IV

ESTUDIO ESTADISTICO DE DISPONIBILIDAD DE CASCARA DE DESECHO

1.- PRESENTACION

Este Capítulo de vital importancia pretende fundamentalmente dar el comportamiento de un elemento de desecho como la cáscara de Limón, valiendonos para este propósito de la herramienta de Analisis de Métodos Estadísticos cuya finalidad fundamental en este caso es la obtención de "Estimadores" Estadísticos de "Parámetros Poblacionales" - importantes como lo pueden ser medias y varianzas.

El objetivo es obtener la media estimada en kg., de la cantidad de cáscara desechada por una taquería de un tamaño determinado, con el fin de determinar el número de ellas que sería necesario visitar a fin de recolectar suficiente cáscara para la operación eficiente y económica de una planta de extracción de aceite esencial de limón. Así pues se propone la realización de un muestreo a lo largo de 1 - semana en 10 taquerías de diferentes tamaños y el procesamiento de estos datos a fin de obtener la media poblacional y su nivel de -- significación.

El Análisis de Varianza nos ofrece una alternativa formidable - para este propósito, por lo cual se tratará de dar un marco conceptual de éste método, cuyo objetivo es el mostrar divergencias a un "nivel de significación" en medias muestrales o lo que es lo mismo ensayar la "hipótesis nula", la cual indica que todas las medias - muestrales son iguales.

2.- Fundamento Conceptual Estadístico del Análisis de Varianza.

2.1. Clasificación Simple o Experimentos de un Factor.

En un experimento de un factor se obtienen medidas u observaciones para a grupos independientes de muestras, donde el número de medidas en cada grupo es b. Hablamos de a tratamientos, cada uno de los cuales tiene b repeticiones o réplicas.

Los resultados de un experimento de un factor pueden representarse en una tabla con a filas y b columnas (Tabla 4.1). Aquí x_{jk} denota la medida en la fila j y la columna k , donde $j = 1, 2, \dots, a$; $k = 1, 2, \dots, b$. Por ejemplo, X_{35} se refiere a la quinta medida para el tercer tratamiento.

Tabla 4.1

| | | | | | |
|-----------------|----------|----------|-----|----------|--------------|
| Tratamiento 1 | X_{11} | X_{12} | ... | X_{1b} | $\bar{x}_1.$ |
| Tratamiento 2 | X_{21} | X_{22} | ... | X_{2b} | $\bar{x}_2.$ |
| ⋮ | | | | ⋮ | |
| Tratamiento a | X_{a1} | X_{a2} | | X_{ab} | $\bar{x}_a.$ |

Denotaremos por \bar{x}_j la media de las medidas en la fila j . Tenemos

$$\bar{x}_j = \frac{1}{b} \sum_{k=1}^b x_{jk} \quad j = 1, 2, \dots, a \quad (1)$$

El punto en \bar{x}_j , se utiliza para indicar que el índice k se ha sumado. Los valores \bar{x}_j , se denominan medias de grupo, medias de tratamiento o medias de fila. La gran media o media total es la media de todas las medidas en todos los grupos y se denota por \bar{x} , esto es

$$\bar{x} = \frac{1}{ab} \sum_{j,k} x_{jk} = \frac{1}{ab} \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b x_{j,k} \quad (2)$$

2.1.1 Variación Total. Variación dentro de Tratamientos. Variación entre Tratamientos.

Definimos la variación total, denotada por u , como la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada medida de la gran media \bar{x} , es decir:

$$\text{Variación total} = u = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 \quad (3)$$

Al escribir la identidad

$$X_{jk} - \bar{X} = (X_{jk} - \bar{X}_{j.}) + (\bar{X}_{j.} - \bar{X}) \quad (4)$$

y luego elevando al cuadrado y sumando sobre j y K podemos demostrar que

$$\sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X}_{j.})^2 + \sum_{j,k} (\bar{X}_{j.} - \bar{X})^2 \quad (5)$$

$$6 \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X}_{j.})^2 + b \sum_j (\bar{X}_{j.} - \bar{X})^2 \quad (6)$$

A la primera suma a la derecha de (5) o (6) las llamamos variación dentro de tratamientos (puesto que incluye los cuadrados de las desviaciones de X_{jk} con respecto a las medias de tratamiento $\bar{X}_{j.}$) y la denotamos por U_w . Por tanto:

$$U_w = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X}_{j.})^2 \quad (7)$$

La segunda suma a la derecha de (5) o (6) se llama la variación entre tratamientos (ya que involucra los cuadrados de las desviaciones de las diferentes medias de tratamiento $\bar{X}_{j.}$ de la gran media \bar{X}) y se denota por U_b . Por tanto

$$U_b = \sum_{j,k} (\bar{X}_{j.} - \bar{X})^2 = b \sum_j (\bar{X}_{j.} - \bar{X})^2 \quad (8)$$

Así las ecuaciones (5) o (6) pueden escribirse como

$$U = U_w + U_b \quad (9)$$

a) METODOS CORTOS PARA OBTENER VARIACIONES

Para minimizar el trabajo en calcular las variaciones anteriores son convenientes las formas siguientes:

$$U = \sum_{j,k} x_{jk}^2 - \frac{T^2}{ab} \quad (10)$$

$$U_b = \frac{1}{b} \sum_j r_j^2 - \frac{T^2}{ab} \quad (11)$$

$$U_w = U - U_b \quad (12)$$

donde r_j es el total de todos los valores x_{jk} y T_j es el total de todos los valores en el tratamiento j , esto es

$$T = \sum_{j,k} x_{jk} \quad T_j = \sum_k x_{jk} \quad (13)$$

En la práctica es conveniente restar algún valor fijo de todos los datos en la tabla; esto no tiene efecto en los resultados finales.

2.1.2.- MODELO MATEMATICO LINEAL PARA ANALISIS DE VARIANZA

Podemos considerar que cada fila de la Tabla 4-1 representa --

una muestra aleatoria de tamaño b de la población para ese tratamiento particular. Así, para el tratamiento j tenemos las variables aleatorias $X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jb}$ independientes y distribuidas idénticamente, las cuales toman los valores $X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jb}$ respectivamente. Cada una de las X_{jk} ($k = 1, 2, \dots, b$) puede expresarse como la suma de su valor esperado y un término de "error":

$$X_{jk} = \mu_j + \Delta_{jk} \quad (14)$$

Los Δ_{jk} pueden tomarse como variables aleatorias independientes - (relativas a j y k), distribuidas normalmente con media cero y varianza σ^2 . Esto equivale a suponer que las X_{jk} ($j = 1, 2, \dots, a; k = 1, 2, \dots, b$) son variables normales, mutuamente independientes con medias μ_j y varianza común σ^2 .

Definamos la constante μ por

$$\mu = \frac{1}{a} \sum_j \mu_j$$

Podemos interpretar a μ como la media para una clase de gran población que comprende todas las poblaciones de tratamiento. Entonces (14) puede escribirse como

$$X_{jk} = \mu + \alpha_j + \Delta_{jk} \quad \text{donde} \quad \sum_j \alpha_j = 0 \quad (15)$$

La constante α_j puede considerarse como el efecto especial del tratamiento j .

La hipótesis nula de que todas las medias de tratamiento son iguales viene dada por ($H_0: \alpha_j = 0; j = 1, 2, \dots, a$) o en forma equivalente por ($H_0: \mu_j = \mu; j = 1, 2, \dots, a$). Si H_0 es cierta, las poblaciones de tratamiento, que por suposición son normales, tienen una media común como también una varianza común. Por tanto solamente hay una población de tratamiento y todos los tratamientos son estadísticamente idénticos.

2.1.3.- VALORES ESPERADOS DE LAS VARIACIONES.

La variación entre tratamiento V_b , la variación dentro de tratamientos V_w y la variación total V son variables aleatorias que respectivamente toman los valores U_b , U_w y U de acuerdo con las definiciones (8), (7) y (3). Podemos demostrar que:

$$E(V_b) = (a - 1)\sigma^2 + b \sum_j \alpha_j^2 \quad (16)$$

$$E(V_w) = a(b - 1)\sigma^2 \quad (17)$$

$$E(V) = (ab - 1)\sigma^2 + b \sum_j \alpha_j^2 \quad (18)$$

De (17) se deduce que

$$E \left[\frac{V_w}{a(b-1)} \right] = \sigma^2 \quad (19)$$

de modo que

$$\hat{S}_w^2 = \frac{V_w}{a(b-1)} \quad (20)$$

es siempre la mejor estima (insesgada) de σ^2 independiente de si H_0 es cierta o no. De otra parte, de (16) y (18) vemos que sólo si H_0 es cierta tendremos

$$E \left[\frac{V_b}{a-1} \right] = \sigma^2 \quad E \left[\frac{V}{ab-1} \right] = \sigma^2 \quad (21)$$

de modo que solamente en ese caso

$$\hat{S}_b^2 = \frac{V_b}{a-1} \quad \hat{S}^2 = \frac{V}{ab-1} \quad (22)$$

proveerá estimas insesgadas de σ^2 . Sin embargo, si H_0 no es cierta, entonces tenemos de (16)

$$E(\hat{S}_b^2) = \sigma^2 + \frac{b}{a-1} \sum_j \alpha_j^2 \quad (23)$$

2.1.4.- ENSAYO F PARA LA HIPOTESIS NULA DE MEDIAS IGUALES

Si la hipótesis nula H_0 no es cierta, es decir, si las medias de tratamiento no son iguales, vemos de (23) que S_b^2 puede ser mayor que σ^2 , siendo el efecto más pronunciado a medida que la discrepancia entre medias aumenta. Por otra parte, de (19) y (20) cabe esperarse que S_w^2 sea igual a σ^2 independientemente de si las medias son iguales o no. Se deduce que un buen estadístico para ensayar la hipótesis H_0 viene dado por S_b^2/S_w^2 . Si este estadístico es considerablemente grande podemos concluir que hay una diferencia significativa entre las medias de tratamiento y así rechazamos H_0 . De otra forma podemos o aceptar H_0 o reservarnos el juicio dependiendo de análisis posterior.

Teorema 4-1 El estadístico $F = S_b^2/S_w^2$ tiene la distribución F con $a - 1$ y $a(b - 1)$ grados de libertad.

El Teorema 4-1 nos permite ensayar la hipótesis nula a un nivel de significación determinado empleando un ensayo unilateral de la distribución F.

2.1.5.- TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA

Los cálculos pedidos para el ensayo anterior se resumen en la tabla 4-2, que se denomina tabla de análisis de varianza. En la práctica calcularíamos U y U_b empleando el método largo, (3) y (8), o el método corto, (10) y (11), y luego calcular $U_w = U - U_b$. Debe advertirse que los grados de libertad para la variación total, esto es, $ab - 1$, es igual a la suma de los grados de libertad para las variaciones entre tratamientos y las variaciones dentro de tratamientos.

Tabla 4-2.

| Variación | Grados de libertad | Media de cuadrados | F |
|--|--------------------|------------------------------------|--|
| Entre tratamientos, $v_b = b \sum_j (\bar{x}_{j.} - \bar{x})^2$ | a - 1 | $\hat{s}_b^2 = \frac{v_b}{a - 1}$ | $\frac{\hat{s}_b^2}{\hat{s}_w^2}$ con: a-1, a(b-1) grados de libertad |
| Dentro de tratamientos, $U_w = U - U_b$ | a(b - 1) | $\hat{s}_w^2 = \frac{v_w}{a(b-1)}$ | |
| Total, $U = U_b + U_w$ $= \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x})^2$ | ab - 1 | | |

2.2.- CLASIFICACION DOBLE O EXPERIMENTOS DE DOS FACTORES.

Las ideas de análisis de varianza para clasificación simple o experimentos de un factor pueden generalizarse. Ilustramos el procedimiento para clasificación doble o experimentos de dos factores.

2.2.1.- NOTACION PARA EXPERIMENTOS DE DOS FACTORES.

Suponiendo que tenemos a tratamientos y b bloques, construimos la Tabla 4-3, donde se supone que hay un valor experimental - (denotado genericamente por X_{jk}), correspondiente a cada trata--

Tabla 4-3

Bloques

| | 1 | 2 | ... | b | |
|---|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|
| 1 | x_{11} | x_{12} | ... | x_{1b} | $\bar{x}_{1.}$ |
| 2 | x_{21} | x_{22} | ... | x_{2b} | $\bar{x}_{2.}$ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | |
| a | x_{a1} | x_{a2} | ... | x_{ab} | $\bar{x}_{a.}$ |
| | $\bar{x}_{.1}$ | $\bar{x}_{.2}$ | ... | $\bar{x}_{.b}$ | |

miento y bloque. Para el tratamiento j y el bloque k denotamos este valor por x_{jk} . La media de los valores en la fila j se denota por $\bar{x}_{j.}$, donde $j = 1, \dots, a$, mientras que la media de los valores en la columna k se denota por $\bar{x}_{.k}$, donde $k = 1, \dots, b$. La gran media o media total se denota por \bar{x} . En símbolos:

$$\bar{x}_{j.} = \frac{1}{b} \sum_{k=1}^b x_{jk}, \quad \bar{x}_{.k} = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^a x_{jk}, \quad \bar{x} = \frac{1}{ab} \sum_{j,k} x_{jk} \quad (24)$$

2.2.2.- VARIACIONES PARA EXPERIMENTOS DE DOS FACTORES.

Como en el caso de experimentos de un factor, podemos definir variaciones para experimentos de dos factores. Definimos la variación total, semejante a (3), como:

$$u = \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x})^2 \quad (25)$$

Al escribir la identidad

$$x_{jk} - \bar{x} = (x_{jk} - \bar{x}_{j.} - \bar{x}_{.k} + \bar{x}) + (\bar{x}_{j.} - \bar{x}) + (\bar{x}_{.k} - \bar{x}) \quad (26)$$

y luego elevando al cuadrado y sumando sobre j y k podemos demostrar que:

$$U = U_c + U_r + U_c \quad (27)$$

donde

$$U_c = \text{Variación debida al error o al azar} = \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x}_{j.} - \bar{x}_{.k} + \bar{x})^2$$

$$U_r = \text{Variación entre filas (tratamientos)} = b \sum_{j=1}^a (\bar{x}_{j.} - \bar{x})^2$$

$$U_c = \text{Variación entre columnas (bloques)} = a \sum_{k=1}^b (\bar{x}_{.k} - \bar{x})^2$$

La variación debida al error o al azar se conoce también como variación residual.

Las siguientes son fórmulas cortas para computación, análogas a (10), (11) y (12).

$$U = \sum_{j,k} x^2 - \frac{T^2}{ab} \quad (28)$$

$$U_r = \frac{1}{b} \sum_{j=1}^a T_j^2 - \frac{T^2}{ab} \quad (29)$$

$$U_c = \frac{1}{a} \sum_{k=1}^b T_k^2 - \frac{T^2}{ab} \quad (30)$$

$$U_e = U - U_r - U_c \quad (31)$$

donde $T_{j.}$ es el total de valores en la fila j , $T_{.k}$ es el total de valores de la columna k y T es el total de todos los valores.

2.2.3.- ANALISIS DE VARIANZA PARA EXPERIMENTOS DE DOS FACTORES.

Para el modelo matemático de los experimentos de dos factores supongamos que las variables aleatorias X_{jk} cuyos valores son los X_{jk} pueden expresarse como

$$X_{jk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + \Delta_{jk} \quad (32)$$

Aquí μ es la gran media poblacional, α_j es la parte de X_{jk} debida a los diferentes tratamientos (algunas veces denominados efectos de tratamientos), β_k es la parte de X_{jk} debida a los diferentes bloques (algunas veces denominados efectos de bloque) y Δ_{jk} es la parte de X_{jk} debida al azar o error. Como antes podemos tomar los Δ_{jk} como variables aleatorias independientes normalmente distribuidas con media cero y varianza σ^2 , de modo que las X_{jk} son también variables aleatorias independientes normalmente distribuidas con varianza σ^2 . Bajo suposiciones apropiadas de las medias de X_{jk} tenemos:

$$\sum_j \alpha_j = 0 \quad \sum_k \beta_k = 0 \quad (33)$$

donde

$$\mu = \frac{1}{ab} \sum_{j,k} E(X_{jk})$$

Correspondiendo a los resultados (16)-(18) podemos demostrar que:

$$E(V_r) = (a-1)\sigma^2 + b \sum_j \alpha_j^2 \quad (34)$$

$$E(V_c) = (b - 1)\sigma^2 + a \sum_k \beta_k^2 \quad (35)$$

$$E(V_e) = (a - 1)(b - 1)\sigma^2 \quad (36)$$

$$E(V) = (ab - 1)\sigma^2 + b \sum_j \alpha_j^2 + a \sum_k \beta_k^2 \quad (37)$$

Hay dos hipótesis nulas que deseáramos ensayar:

$H_0^{(1)}$: Todas las medias de tratamientos (filas) son iguales, es decir $\alpha_j = 0$, $j = 1, \dots, a$

$H_0^{(2)}$: Todas las medias de bloques (columnas) son iguales, es decir $\beta_k = 0$, $k = 1, \dots, b$

Vemos de (36) que, sin tener en cuenta a $H_0^{(2)}$, la mejor estima (insesgada) de σ^2 viene dada por

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{V_e}{(a-1)(b-1)} \text{ es decir, } E(\hat{\sigma}_e^2) = \sigma^2 \quad (38)$$

También, si la hipótesis $H_0^{(1)}$ y $H_0^{(2)}$ son ciertas, entonces

$$\hat{\sigma}_r^2 = \frac{V_r}{a-1}, \quad \hat{\sigma}_c^2 = \frac{V_c}{b-1}, \quad \hat{\sigma}^2 = \frac{V}{ab-1} \quad (39)$$

serán estimas insesgadas de σ^2 . Si $H_0^{(1)}$ y $H_0^{(2)}$ no son ciertas, tenemos, de (34) y (35) respectivamente

$$E(\hat{\sigma}_r^2) = \sigma^2 + \frac{b}{a-1} \sum_j \alpha_j^2 \quad (40)$$

$$E(\hat{\sigma}_c^2) = \sigma^2 + \frac{a}{b-1} \sum_k \beta_k^2 \quad (41)$$

Teorema 4-2: V_r/σ^2 tiene la distribución chi-cuadrado con $(a-1)(b-1)$ grados de libertad, sin tener en cuenta a $H_0^{(1)}$ ó $H_0^{(2)}$.

Teorema 4-3: Bajo la hipótesis $H_0^{(1)}$, V_r/σ^2 tiene la distribución chi-cuadrado con $a - 1$ grados de libertad. Bajo ambas hipótesis $H_0^{(1)}$ y $H_0^{(2)}$, V/σ^2 tiene la distribución chi-cuadrado con $ab - 1$ grados de libertad.

Para ensayar la hipótesis $H_0^{(1)}$ es lógico considerar el estadístico \hat{S}_r^2/\hat{S}_c^2 ya que podemos ver de (40) que \hat{S}_r^2 se espera difiera significativamente de σ^2 si las medias de fila (tratamientos) son significativamente diferentes. Análogamente para ensayar la hipótesis $H_0^{(2)}$ consideramos el estadístico \hat{S}_c^2/\hat{S}_e^2 . Las distribuciones de \hat{S}_r^2/\hat{S}_e^2 y \hat{S}_c^2/\hat{S}_e^2 vienen dados en el teorema siguiente análogo al Teorema 4-1.

Teorema 4-4: Bajo la hipótesis $H_0^{(1)}$ el estadístico \hat{S}_r^2/\hat{S}_e^2 tiene la distribución F con $a - 1$ y $(a - 1)(b - 1)$ grados de libertad. Bajo la hipótesis $H_0^{(2)}$ el estadístico \hat{S}_c^2/\hat{S}_e^2 tiene la distribución F con $b - 1$ y $(a - 1)(b - 1)$ grados de libertad.

El teorema nos permite aceptar o rechazar $H_0^{(1)}$ ó $H_0^{(2)}$ a niveles de significación especificados. Por conveniencia, como en el caso de factor uno, una tabla de análisis de varianza puede construirse como se muestra en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3

| Variación | Grados de libertad | Media de cuadrados | F |
|--|--------------------|--|---|
| <p>Entre tratamientos,</p> $U_r = b \sum_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x})^2$ | a - 1 | $\hat{S}_r^2 = \frac{U_r}{a - 1}$ | $\hat{S}_r^2 / \hat{S}_e^2$ con a-1, (a-1)(b-1) grados de libertad |
| <p>Entre bloques,</p> $U_c = a \sum_k (\bar{x}_{jk} - \bar{x})^2$ | b - 1 | $\hat{S}_c^2 = \frac{U_c}{b - 1}$ | $\hat{S}_c^2 / \hat{S}_e^2$ con b-1, (a-1)(b-1) grados de libertad |
| <p>Residual o aleatoria</p> $U_e = U - U_r - U_c$ | (a-1)(b-1) | $\hat{S}_e^2 = \frac{U_e}{(a-1)(b-1)}$ | |
| <p>T o t a l</p> $U = U_r + U_c + U_e$ $= \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x})^2$ | ab - 1 | | |

3.- OBSERVACIONES DE LA RECOLECCION (ENCUESTAS)

La semana de trabajo de recolección comprendió del día 13 de julio de 1987 al 19 de julio de 1987 en los establecimientos de nombre y dirección que a continuación se presentan:

- AMIGO I. Calle Excelsior esquina calle Tepeyac, Col. Industrial, - Delg. Gustavo A. madero
- AMIGO II. Calle Fundidora Monterrey, esquina calle Excelsior, Col. Industrial. Delg. Gustavo A. Madero.
- JALICIENSE. Av. Montevideo. Estacionamiento Mercado San Bartolo Atepehuacan. Col. San Bartolo Atepehuacan. Delg. Gustavo A. Madero.
- PANCHITOS. Calz. Azcapotzalco-La Villa, esquina calle Pisco, Col. - Lindavista, Delg. Gustavo A. Madero
- PUESTO CALLEJERO. Calle Fundidora Monterrey, esquina Excelsior, Col. Industrial, Delg. Gustavo A. Madero.
- PAISA I. Calz. Azcapotzalco-La Villa esquina Av. de los 100 mts. Col. San Bartolo Atepehuacan, Delg. Gustavo A. Madero.
- PAISA II. Calz. Azcapotzalco-La Villa N° 1283-A, Col. Lindavista, Delg. Gustavo A. Madero.
- TIZON SUIZO. Calz. Azcapotzalco-La Villa N° 1262, Col. Lindavista, - Delg. Gustavo A. Madero.
- I. y M. Av. Insurgentes Norte esquina Av. Montevideo, Col. Guadalupe Tepeyac, Delg. Gustavo A. Madero.
- PUESTO DE JUGOS. Calz. Azcapotzalco-La Villa N° 1085, Col. Lindavista, Delg. Gustavo A. Madero.

Los horarios de recolección se efectuaron en las tardes de 5 P.M. a 6 P.M.

Inicialmente se encontraron más de 50 establecimientos potenciales de cáscara de Limón en una corta area y corto tiempo. Esto es muy probable ya que estamos hablando de una de las Delegaciones más pobladas y grandes geográficamente del Distrito Federal.

A.

A pesar de lo complicado que parece el problema de recolección - (por el factor humano), se encontraron las siguientes observaciones:

Hubo una gran disponibilidad de la gente al experimento de recolección en campo. Se puede hablar de que en un 90% de los establecimientos no hubo objeción a la recolección, argumentando que no representaba ningún trabajo de consideración, así como que para ellos representaba al fin y al cabo "basura".

Como es de esperarse el factor humano da gran sensibilidad a este proyecto, sin embargo, este puede estar a favor si consideramos la gran disposición de la gente que es provinciana (De Jalisco y Aguascalientes principalmente), extensivo a empleados y dueños. Es gente muy agradable y con gran disposición de ayuda e interés acerca del destino del desperdicio.

Lo que es muy importante recalcar es que se pretendió trabajar 2 semanas de muestreo, para así obtener 2 Lun., 2 Mar.,... etc. y poder hacer un Análisis de Varianza más completo (esto es comparación de - Lunes con Lunes, Martes con Martes ...etc.) Sin embargo se topó con el desapego para continuar con la siguiente semana, por lo que se debe pensar en alguna estrategia de estímulo para lograr la continuidad, esto seguramente nos llevaría a cierta compensación económica - que tendría como ventaja el muy posible aumento en nuestros valores medios y de la gran media; puede pensarse además en medias de fila - más homogéneas. La compensación económica sería mínima y estaría destinada principalmente a los lavaplatos (con quienes se trabajó), inclusive a tres de ellos hubo que compensarlos con \$500 a \$1000 por la semana trabajada, mostrándose satisfechos y con disponibilidad a la continuación del proyecto.

4.-PRESENTACION DE DATOS OBTENIDOS EN CAMPO Y ANALISIS DE LOS MISMOS.

A continuación se presentará los datos recolectados en campo; - los cuales como se podrá observar están referidos a Taquerías consideradas como de tamaño "Chico", así como a Taquerías de tamaño "Medio". Esta consideración de tamaños está fundamentada sobre ventas observadas, su número de mesas o en algunos de los casos, el número de co-

ches a los que se dá servicio.

La tabla antes aducida se anexa (Tabla 4.4)

Según se puede observar e interpretar de la tabla anterior, se trata de un caso de Análisis de Varianza de clasificación doble o experimento de dos factores, ya que el resultado de pesos de recolección depende de dos factores a saber: i) De si se trata de una taquería considerada "Mediana" o una Taquería considerada como de tamaño "Chico" y ii) Del día de recolección, ya que como se observa, generalmente los fines de semana las cantidades son mayores.

El propósito de obtener una \bar{x}_{tM} (valores medios de columna, referido a un solo tratamiento-Taquerías "medianas") y \bar{x}_{tCH} (valores medios de columna referido a un solo tratamiento - Taquerías "chicas") es el resumir nuestros datos, puesto que como se expone en la siguiente tabla (4.5) en realidad sólo hablamos de dos tratamientos.

A continuación se procede a calcular los totales de fila y medias de fila, como también los totales de columna, las medias de columna y la gran media, como se indica en la tabla 4.5 anexa.

En seguida obtendremos los datos necesarios para nuestra tabla de Análisis de Varianza:

V_r = Variación de medias de fila con respecto a la gran media

$$\begin{aligned} V_r &= b \sum_{j=1}^a (\bar{x}_j - \bar{x})^2 \\ &= 7 [(1.10 - 1.72)^2 + (2.34 - 1.72)^2] \\ &= 7 [0.3844 + 0.3844] = \underline{5.38} \end{aligned}$$

V_c = Variación de medias de columna con respecto a la gran media.

$$V_c = a \sum_{k=1}^b (\bar{x}_k - \bar{x})^2$$

TABLA 4.4

A) Datos obtenidos en campo:

i) Taquerías de Tamaño Medio (medidas en Kg.)

| Nombre Taquería | LUN | MAR | MIER | JUE | VIER | SAB | DOM |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Amigo I | 2.00 | 2.10 | 1.80 | 1.20 | 4.10 | 5.20 | 3.00 |
| Amigo II | 1.65 | 2.00 | 1.95 | 2.20 | 3.00 | 4.50 | 2.50 |
| Jaliciense | 1.65 | 2.50 | 2.00 | 1.95 | 4.50 | 4.90 | 4.00 |
| Panchitos | 1.55 | 1.40 | 1.50 | 1.10 | 2.90 | 3.00 | 1.50 |
| Pto. callejero | 1.35 | 1.00 | 0.95 | 0.80 | 2.00 | 2.50 | 1.90 |
| \bar{x}_{TM} | 1.64 | 1.80 | 1.64 | 1.45 | 3.30 | 4.02 | 2.58 |

ii) Taquerías tamaño chico.

| | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Paisa I | 0.95 | 0.60 | 0.75 | 0.75 | 1.5 | 1.50 | 0.80 |
| Paisa II | 0.95 | 0.80 | 1.50 | 1.00 | 2.10 | 3.00 | 0.65 |
| Tizón Suizo | 1.30 | 1.00 | 0.90 | 1.20 | 1.50 | 2.00 | 1.00 |
| I. y M. | 0.60 | 0.70 | 0.65 | 0.80 | 0.90 | 0.60 | 0.50 |
| Pto. de jugos | 0.80 | 0.70 | 0.90 | 0.80 | 1.50 | 2.00 | 1.50 |
| \bar{x}_{TCH} | 0.92 | 0.76 | 0.94 | 0.91 | 1.50 | 1.82 | 0.89 |

TABLA 4.5
(Valores en Kg)

| | LUN. | MAR. | MIER. | JUEV. | VIER. | SAB. | DOM. | Totales de fila | Media fila |
|--------------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|----------------------|------------|
| Taq. Chic. | 0.92 | 0.76 | 0.94 | 0.91 | 1.50 | 1.82 | 0.98 | 7.74 | 1.10 |
| Taq. Med. | 1.64 | 1.80 | 1.64 | 1.45 | 3.30 | 4.02 | 2.58 | 16.43 | 2.34 |
| Totales de columna | 2.56 | 2.56 | 2.58 | 2.36 | 4.80 | 5.84 | 3.47 | Gran total: 24.17 | |
| Medias de columna | 1.28 | 1.28 | 1.29 | 1.18 | 2.40 | 2.92 | 1.73 | Gran Media: 1.72 | |

$$\begin{aligned}
 V_c &= [(1.28 - 1.72)^2 + (1.28 - 1.72)^2 + (1.29 - 1.72)^2 + (1.18 - 1.72)^2] \\
 &= + (2.40 - 1.72)^2 + (2.92 - 1.72)^2 + (1.73 - 1.72)^2 \\
 &= [0.1936 + 0.1936 + 0.1849 + 0.2916 + 0.4624 + 1.44 + 1 \cdot 10^{-4}] \\
 &= \underline{5.53}
 \end{aligned}$$

V = Variación Total.

$$\begin{aligned}
 V &= \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x})^2 \\
 &= (0.92 - 1.72)^2 + (0.76 - 1.72)^2 + (0.94 - 1.72)^2 + (0.91 - 1.72)^2 \\
 &+ (1.50 - 1.72)^2 + (1.82 - 1.72)^2 + (0.89 - 1.72)^2 + (1.64 - 1.72)^2 \\
 &+ (1.80 - 1.72)^2 + (1.64 - 1.72)^2 + (1.45 - 1.72)^2 + (3.30 - 1.72)^2 \\
 &+ (4.02 - 1.72)^2 + (2.58 - 1.72)^2 \\
 &= 0.64 + 0.92 + 0.60 + 0.65 + 0.048 + 0.01 + 0.68 + 0.0064 + \\
 &0.0064 + 0.0064 + 0.072 + 249 + 5.29 + 0.73 = \underline{12.15}
 \end{aligned}$$

V_e = Variación aleatoria

$$V_e = U - U_r - U_c$$

$$= \underline{1.24}$$

Esto conduce al Análisis de Varianza siguiente:

Tabla 4.6

| Variación | Grados de Libertad | Media de cuadrados | F |
|-----------------------|--------------------|----------------------|--|
| V _r = 5.38 | 1 | $\hat{S}_r^2 = 5.38$ | $F = \frac{\hat{S}_r^2}{\hat{S}_e^2} = 22.41$ gl: 1,6 |
| V _c = 5.53 | 6 | $\hat{S}_c^2 = 0.92$ | $F = \frac{\hat{S}_c^2}{\hat{S}_e^2} = 3.83$ gl: 6,6 |
| V _e = 1.24 | 6 | $\hat{S}_e^2 = 0.24$ | |
| V = 1.15 | 13 | | |

5.- INTERPRETACION Y CONCLUSIONES DE RESULTADOS.

Con el apoyo teórico que antecede a esta primera parte y con los resultados obtenidos en nuestras tablas, podremos responder preguntas de interés práctico como lo son:

¿La media obtenida nos es útil para nuestro objetivo de recolección?
¿Es una media que nos indique una factibilidad de potencialidad de capacidad de planta?. Sobre los pesos de recolección obtenidos:

¿Hay una considerable influencia del tamaño de las taquerías sobre nuestros pesos de recolección, o son los días los que influyen?.

Si analizamos la Gran Media obtenida, se observa que este número es pobre (1.72 kg/Taq.), ya que implicaría un gran esfuerzo de recolección, en cuanto al número de taquerías para llegar a una cantidad razonable, que a cálculos rápidos debería ser de 1 a 2 toneladas semanales para obtener una cantidad de aceite esencial rentable, además de que se requeriría almacenar la cáscara recolectada con la consiguiente descomposición de la misma.

Para cuantificar lo anteriormente dicho, hablemos del número:

$$\text{N}^\circ \text{ Taq. / para 1 Ton.} = \frac{1,000 \text{ kg.}}{1,72 \text{ kg/Taq.}} = 581 \text{ Taquerías}$$

581 Taquerías se antoja imposible para trabajar por su requerimiento enorme de mano de obra y gasto en combustible (esto si nos basamos en tiempos prácticos de campo que se obtuvieron-Aprox. 10 taq. cada 30 min.).

En el siguiente capítulo se visualizará con mayor claridad lo anteriormente expuesto.

Trabajando con los datos:

$$F = \frac{\hat{\sigma}_x^2}{\hat{\sigma}_e^2} = 22.41 \text{ con g.l.: 1,6}$$

Y con ayuda de Tablas para distribución F^* a un nivel de significación de 0.95 y 0.99 se tiene:

$$F_{0.95} \left| 1,6 = 5.9 \quad \text{y} \quad F_{0.99} \left| 1,6 = 13.7 \right. \right. \quad * \text{ Ver Anexos.}$$

y debido a que

$$22.41 > 5.9 \text{ y } 13.7$$

Se deduce que podemos rechazar nuestra "hipótesis nula" de que las medias de pesos obtenidos en Taquerías "Chicas" y Medianas" son iguales, independientemente del "riesgo" que se tenga al decir esto, es decir se tiene una "seguridad" muy grande; por lo que se puede concluir que hay una diferencia "significativa" entre trabajar con taquerías "Chicas" o Medianas".

Ahora bien con el mismo procedimiento pero con los datos:

$$F = \frac{\hat{S}_c^2}{\hat{S}_e^2} = 3.83, \text{ con } g, l: 6.6$$

Se tiene que:

$$F_{0.95} \left| 6,6 = 4.28 \quad \text{y} \quad F_{0.99} \left| 6,6 = 8.47 \right. \right.$$

por lo que se tiene que:

$$3.83 \not> 4.28 \text{ y } 8.47 \\ 6 \quad 4.28 \text{ y } 8.47 > 3.83$$

Lo cual nos dice, en cambio, que no se rechaza nuestra "hipótesis nula" y consideramos que no hay gran diferencia en los pesos debido a los días de recolección, (esto es Lun, Mar, ... Dom.), y esto se puede observar claramente en la tabla, la cual los primeros días se tienen medias casi iguales con una fuerte tendencia a una distribución Gaussiana con respecto a la gran media y leve sesgo a la derecha, lo cual nos da una idea de la uniformidad de datos y su dispersión.

En conclusión se debe pensar en una media mejor, lo cual sugiere según análisis de datos que eliminemos del estudio a las taquerías "Chicas" y que lo guíemos hacia las de tamaño "Mediano", -- por lo que procederemos a realizarlo.

Analizando la primera parte de la Tabla 4.4 ó también Tabla 4.5, observamos medias de columna tales como: 1.64 lun, 1.80 Mar, 1.64 Mier 1.45 Jue, 3.30 vier, 4.02 Sab. y 2.58 dom, y con media global de 2.34

Se había hablado de un tiempo de recolección de 30 minutos por -- cada 10 taquerías ("Medianas o Chicas"). Pues bien, en campo se obtuvo que de ser solo taquerías "medianas", la relación cambiaría a 10 -- Taquerías "medianas" cada 40 minutos.

En base a lo antes expuesto y considerando que para la operación de recolección se utilizarían dos personas, podríamos hablar de un límite superior de 200 taquerías de recolección (100 cada una), lo cual significaría 6 hrs. 40 min. de tiempo de recolección por persona, lo cual es razonable (cabe señalar que estos tiempos de recolección pueden variar considerablemente, así como las cantidades de recolección -- a favor--por elementos expuestos en la parte de encuestas.). El problema viene al tomar en cuenta promedios de columna o incluso global, -- que nos daría una pobre cantidad de cáscara a recolectar, con excepción de los días de fin de semana, Usando números como 1.64, 1.80, -- 1.45 ó el global 2.34 obtenemos cantidades recolectadas por día de: -- 328, 360, 290 y 468 kgs. respectivamente, lo cual como ya dijimos es un pobre resultado, si tomamos en cuenta el tiempo de trabajo y el -- costo de recolección. Esto hace que el proyecto sea difícil de realizar si además tenemos presente la descomposición del material en caso de almacenamiento.

Por las razones antes expuestas y tratando de ser prácticos trabajaremos solamente con los días de fin de semana. Algunos de los beneficios que se vislumbran son:

- Obtención de mejores cantidades de recolección
- Menor almacenamiento del material
- Ahorro en tiempo y dinero de gastos ocasionados por la recolección;
- Mejor organización semanal del proceso (como se verá en el sig. cap.).

Realizando un nuevo análisis del esquema a realizar, presentamos a continuación nuestra nueva tabulación de datos:

Tabla 4.7

| Nombre Tag. | Viernes | Sabado | Domingo |
|------------------|---------|--------|---------|
| Amigo I | 4.10 | 5.20 | 3.00 |
| Amigo II | 3.00 | 4.50 | 2.50 |
| Jaliciense | 4.50 | 4.90 | 4.00 |
| Panchitos | 2.90 | 3.00 | 1.50 |
| Puesto callejero | 2.00 | 2.50 | 1.90 |

Calculando los totales de fila, los totales de columna, las medias de columna y la gran media, de este nuevo análisis de dos factores, se tiene:

Tabla 4.8

| | VIERNES | SABADO | DOMINGO | Total de fila | Media fila |
|------------------|---------|--------|---------|---------------------|------------|
| Amigo I | 4.10 | 5.20 | 3.00 | 12.3 | 4.10 |
| Amigo II | 3.00 | 4.50 | 2.50 | 10.0 | 3.33 |
| Jaliciense | 4.50 | 4.90 | 4.00 | 13.40 | 4.46 |
| Panchitos | 2.90 | 3.00 | 1.50 | 7.40 | 2.46 |
| Pto. callejero | 2.00 | 2.50 | 1.90 | 6.40 | 2.13 |
| Total de columna | 16.50 | 20.10 | 12.90 | Gran Total 49.5 | |
| Total de columna | 3.30 | 4.02 | 2.58 | Gran Media. 3.30 | |

Calculando las variaciones tenemos:

$$V_r = 3 [(4.10 - 3.30)^2 + (3.33 - 3.30)^2 + (4.46 - 3.30)^2 + (2.46 - 3.30)^2 + (2.13 - 3.30)^2]$$

$$= 3 [0.64 + 9 \times 10^{-4} + 1.34 + 0.70 + 1.36]$$

$$= \underline{12.14}$$

$$V_c = 5 [(3.30 - 3.30)^2 + (4.02 - 3.30)^2 + (2.58 - 3.30)^2]$$

$$= 5 [0 + 0.51 + 0.51]$$

$$= \underline{5.10}$$

$$V = (4.10 - 3.30)^2 + (5.20 - 3.30)^2 + (3.00 - 3.30)^2 + (3.00 - 3.30)^2 + (4.50 - 3.30)^2 + (2.50 - 3.30)^2 + (4.50 - 3.30)^2 + (4.90 - 3.30)^2 + (4.00 - 3.30)^2 + (2.90 - 3.30)^2 + (3.00 - 3.30)^2 + (1.50 - 3.30)^2 + (2.00 - 3.30)^2 + (2.50 - 3.30)^2 + (1.90 - 3.30)^2$$

$$= 0.64 + 3.61 + 0.09 + 0.09 + 1.44 + 0.64 + 1.44 + 2.56 + 0.49 + 0.16 + 0.09 + 3.24 + 1.69 + 0.64 + 1.96$$

$$= \underline{18.78}$$

$$V_e = 18.78 - 12.14 - 5.10$$

$$= 1.54$$

Esto conduce al Análisis de Varianza siguiente:

Tabla 4.9

| Variación | Grado de Lib. | Media de cuadrados | F |
|---------------|---------------|----------------------|---|
| $V_r = 12.14$ | 4 | $\hat{S}_r^2 = 3.03$ | $F = \hat{S}_r^2 / \hat{S}_e^2 = 15.94$ gl: 4, 8 |
| $V_c = 5.10$ | 2 | $\hat{S}_c^2 = 2.55$ | $F = 13.42$ gl: 2, 8 |
| $V_e = 1.54$ | 8 | $\hat{S}_e^2 = 0.19$ | |
| $V = 18.78$ | 14 | | |

Con $F = 15.94$ y $g.l.: 4.8$ con Ayuda Tablas Distribución F (ver Anexos)

$$a F_{0.95} |^{4,8} = 3.84 \quad \text{y} \quad F_{0.99} |^{4,8} = 7.01$$

Así como:

$F = 13.42$ y $g.l.: 2,8$ con Ayuda Tablas Distribución F

$$a F_{0.95} |^{2,8} = 4.46 \quad \text{y} \quad F_{0.99} |^{2,8} = 8.65$$

Por lo tanto:

$$15.94 > 3.84 \quad \text{y} \quad 7.01$$

$$\text{así como} \quad 13.42 > 4.46 \quad \text{y} \quad 8.65$$

Lo cual nos lleva a concluir lo siguiente:

Con una media o gran media de 3.3 kg/Taq. se ajusta a nuestra necesidad, ya que representa (200 taq. X 3.3 kg./taq X 3 días de recolección = 1980 kg.)aproximadamente 2000 kg de recolección en fin de semana, que es una cantidad módica que se ajusta al objetivo y capacidad de la planta que se pretende especificar de nuestro estudio, con las correspondientes ventajas de ahorro de combustible y tiempos de recolección.

El Análisis de Varianza indica a grosso modo que hay una gran estratificación de taquerías medianas, lo cual nos llevaría a imponer un rango amplio de consideración del concepto de taquería "mediana" (considerando el rango en pesos de recolección), es decir que al rechazarse la hipótesis nula, nuestra media tiene una gran variabilidad y - que para validarla, solo sería necesario trabajar con 200 taquerías cu yo promedio de recolección en fin de semana estuviera entre 2.13 y - 4.46 kg.

Por otra parte, es importante hacer notar que el día sábado es vi tal para alcanzar los objetivos planteados de ahí que se deba poner - especial cuidado en la recolección que se lleva a cabo los domingos.

CAPITULO V

INGENIERIA BASICA

ESPECIFICACION DE EQUIPO

CAPITULO V.

Ingeniería Básica y Especificación de Equipo

1.- Bases de Diseño

Para el caso de nuestra planta, las bases de diseño son las siguientes:

- a) **Objetivos.-** Obtención de Aceite Esencial de Limón - Centrifugado tipo B a partir de cáscara de limón de desecho.
- b) **Localización.-** Calzada Azcapotzalco - La Villa 1058, Col. San Bartolo Atepehuacan, Delg. Gustavo A. Madero, Distrito Federal.
- c) **Función de la planta.-** Producción de Aceite Esencial de Limón - Centrifugado tipo B para consumo de la industria de aromatizantes y jabones líquidos, manejándose como una posibilidad de la industria cosmética.
- d) **Tipo de Proceso.-** Extracción Intermitente - No Estacionaria de un producto natural. Consta de 3 etapas igualmente no estacionarias.
- e) **Capacidad de Diseño.-** 1000 kg cáscara/día.
2.8 kg ac. esencial/día.
- Capacidad normal de Operación.-** 850 kg cáscara/día.
2.4 kg.aceite esencial/día
- Capacidad Mínima.-** 666 kg. cáscara/día (1.86 kg. ac. esencial)
- Capacidad Máxima Anual.-** 1920 Ton. cáscara/año (5.4 Ton. ac. esencial/año).

f) Tiempo de Operación.- 104 días/año

g) Factor de Servicio.- 28%

h) Equipo Primordial de Proceso.

- 1 Depósito Colector de cáscara (Tolva)
- 1 Tanque Lavador con sistema de volteo.
- 1 Máquina "Sfumatrice"
- 1 Tanque acumulador y sedimentador
- 1 Bomba centrífuga acabado sanitario
- 1 Filtro de platos y cartuchera
- 1 Centrífuga.

i) Servicios Auxiliares

| | |
|-------------------|------------------------|
| Aire a presión | Compresora |
| Energía Eléctrica | Subestación |
| Agua | Clarificador - Pulidor |
| | Cisterna. |

j) Flexibilidad

La planta será diseñada para procesar 1000 kg. de cáscara por día, sin embargo, esta cantidad es muy pequeña comparada con la capacidad de diseño de las máquinas "Sfumatrice", de las cuales, la más pequeña procesa 1 Ton/hr de cáscara, de ahí que al contar con este equipo, nuestra planta tiene una capacidad instalada mucho -- muy sobrada. Esto permite contar con la flexibilidad suficiente para realizar el mantenimiento, paros por desperfecto y aun respetar días festivos diferentes a los marcados por la ley sin que esto va ya en perjuicio de la producción.

La planta de acuerdo a la capacidad de recolección y a la capacidad de las máquinas tiene 156 días/año libres, de ahí que no es necesario considerar un tiempo especial como flexibilidad para su operación.

k) **Presentación y Especificaciones de Materia Prima.**

Al manejarse un material de desecho no existen especificaciones para este, salvo que las cáscaras deben almacenarse en salmuera antes de su procesamiento.

l) **Especificaciones del Producto**

Se presentaron en la sección I.9

2.- **Balance de Materia.**

El balance de materia es un instrumento fundamental para el diseño o selección de un equipo. Su enunciado fundamental es:

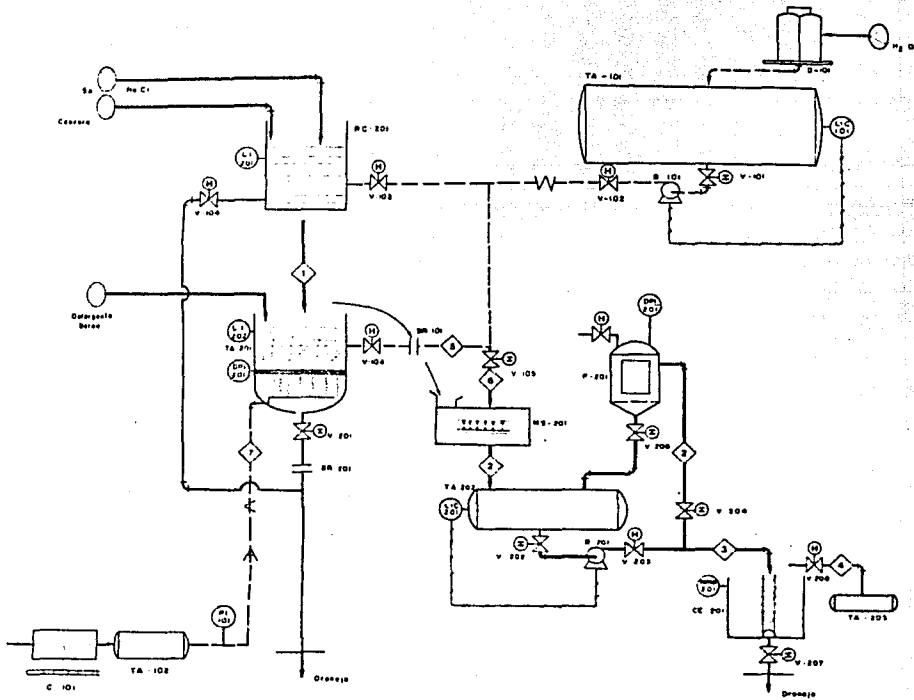
$$\text{Entradas} + \text{Generación} = \text{Salida} + \text{Acumulación}$$

En el caso de nuestro proceso no existe reacción química de ahí que no haya "generación", sin embargo, al ser un proceso "no estacionario" existe acumulación de materiales en cada una de sus 3 etapas. Para simplificar este planteamiento presentaremos nuestras estimaciones de los 3 términos considerados para cada etapa en la tabla V.1.

3.- **Diagrama de Flujo.**

El diagrama de flujo es la representación gráfica de los equipos y de las principales líneas de proceso.

Nuestra planta es bastante sencilla, de ahí que hemos decidido incluir en su diagrama, además, a los servicios auxiliares y la simbología de instrumentación, así como las secciones comunmente consideradas de control de plano, balance de materia, simbología y unidades.



ESPECIFICACION DE CORRIENTES

| Numero de Corriente | Descripcion | Unidad | Material |
|---------------------|------------------|--------|----------|
| 1 | Flujo de Vapor | kg/h | Agua |
| 2 | Flujo de Agua | kg/h | Agua |
| 3 | Flujo de Aire | kg/h | Aire |
| 4 | Flujo de Aceite | kg/h | Aceite |
| 5 | Flujo de Gas | kg/h | Gas |
| 6 | Flujo de Sólido | kg/h | Sólido |
| 7 | Flujo de Líquido | kg/h | Líquido |
| 8 | Flujo de Vapor | kg/h | Agua |
| 9 | Flujo de Agua | kg/h | Agua |
| 10 | Flujo de Aire | kg/h | Aire |
| 11 | Flujo de Aceite | kg/h | Aceite |
| 12 | Flujo de Gas | kg/h | Gas |
| 13 | Flujo de Sólido | kg/h | Sólido |
| 14 | Flujo de Líquido | kg/h | Líquido |

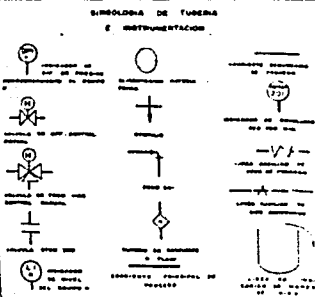
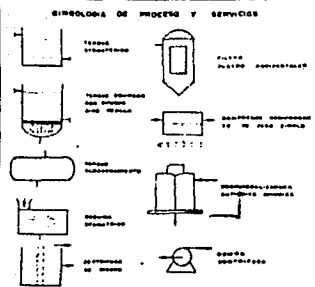


DIAGRAMA MECÁNICO DE PROCESO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE A.C.E.
 DE LÍNEA TIPO B.
 TESIS PROFESIONAL
 PROYECTO SYRREL

CONTROL DE PLANO

| REVISIÓN - | 1 | 2 | 3 |
|------------|---|---|---|
| Elaborado | | | |
| Aprobado | | | |
| Analizado | | | |
| Revisado | | | |
| Revisado | | | |
| Revisado | | | |

41

TABLA V.1

BALANCE DE MATERIA

| ETAPA | ENTRADAS | SALIDAS | ACUMULACION |
|-----------------|---|--|--|
| Pre-Tratamiento | (3) 1000kg cáscara sucia 2000 l H ₂ O 10 kg detergente 20 kg bórax | 1000 kg cáscara limpia | (3) 2000 l H ₂ O 10 kg detergente 20 kg bórax Impurezas diluidas |
| Extracción | 1000 kg cáscara 700 l H ₂ O | 700 l H ₂ O 2.8 kg A. Esencial 29.5 kg bagazo 16.2 kg jugo | 951.5 kg. cáscara |
| Centrifugación | 700 l H ₂ O 14 kg de Na ₂ SO ₄ 2.8 kg Ac. Esencial 16.2 kg jugo 14 kg de Na HCO ₃ | 2.65 kg Ac. Esencial | 700 l H ₂ O 16.2 kg jugo |

TABLA V.2
Balance de Materia

| Corriente de Proceso | Composición | Condiciones | |
|----------------------|---|-------------|-------------------------|
| | | Temperatura | Presión |
| 1 | 1000 kg cáscara | -- | -- |
| 2 | 700 kg de agua 2.8 kg ac. esencial 29.5 kg bagazo 16.2 kg jugo | 20°C | 2 kg/cm ² |
| 3 | 700 kg de agua 2.8 kg ac. esencial 16.2 kg jugo 28 kg de Na ₂ SO ₄ y Na HCO ₃ | 20°C | 2 kg/cm ² |
| 4 | 2.65 kg ac. esencial | 20°C | 2 kg/cm ² |
| 5 | 2000 l H ₂ O | 20°C | 2 kg/cm ² |
| 6 | 700 l H ₂ O | 20°C | 2 kg/cm ² |
| 7 | 3 m ³ aire | 20°C | 10.5 kg/cm ² |

3.1. - Lista General de Equipo.

Sección 1

| <u>CLAVE</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>FUNCION</u> |
|--------------|--|--|
| D-101 | Desmineralizadora de 2 Tanques de resina intercambiadora | Realizar el tratamiento de agua requerida para el proceso. |
| TA-101 | Tanque de almacenamiento | Almacenamiento de agua de proceso. |
| B-101 | Bomba Centrífuga acabado Sanitario, Ac. Inoxidable | Surtir de agua de proceso a RC-201, TA-201 y MS-201. |
| C-101 | Compresora | Alimentar aire a presión a un difusor en la base del tanque lavador TA-201 a fin de coadyuvar el lavado. |

Sección 2

| | | |
|--------|--|--|
| RC-201 | Recipiente Colector-Lavador de Cáscara de Desecho | Almacenar las cáscaras recolectadas en salmuera a fin de evitar su descomposición. |
| TA-201 | Tanque Lavador de Cáscara de Desecho, equipado con difusor de aire y rejilla de separación para evitar que la cáscara cierre la descarga | Lavar con ayuda de detergente y aire a presión la cáscara recolectada. Sirve además para hacer los enjuagues después de la primera lavada. |
| MS-201 | Máquina Sfumatrice Indelicato Cap.1 Ton/hr. | Realizar la extracción en frío del aceite esencial de limón de la cáscara de desecho. |
| TA-202 | Tanque Almacenamiento | Realizar el almacenamiento de la emulsión salida de la MS-201 y su preclarificación. |

| <u>CLAVE</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>FUNCION</u> |
|--------------|--|--|
| B-201 | Bomba Centrífuga de acabado Sanitario, Ac. Inox. | Bombear la emulsión hacia el filtro F-201 y una vez filtrada, a la Centrífuga CE-201. |
| F-201 | Filtro Pulidor con Cartuchera y medio filtrante | Separa partículas mayores de 30 micras de la emulsión como bagazo y restos de cáscara. |
| CE-201 | Centrífuga de Líquidos de alta velocidad | Separar la emulsión aceite-agua, purificando el aceite. |
| TA-203 | Tanque de Almacenamiento | Almacenar el aceite esencial producido. |

4.- Cálculo y Selección del Equipo.

4.1.- Tanque de Almacenamiento y Proceso.

4.1.1.- Tanque de Almacenamiento de Agua de Proceso. TA-101.

La función de este tanque es almacenar agua tratada y fungir - como depósito estacionario para la alimentación de la bomba B-101. Se pretende que contenga toda el agua requerida por el proceso, esto es 8 700 l (corrientes 5 y 6) y que sea horizontal con el fin de que la alimentación del mismo no esté muy alta y pueda ser dada por gravedad. El tanque deberá ser construido en acero al carbón con re cubrimiento epóxico.

Diseño:

$$\text{Volumen ocupado del tanque} \quad V = LR^2 (\alpha/57.3 - \text{Sen } \alpha \text{ Cos } \alpha)$$

$\alpha = 120^\circ$ cuando el liq. ocupa el 75% de la altura (diámetro) del tanque.

$$V = 0.63 LD^2$$

$$\text{Si } V = 8700 \text{ l} = 8.7 \text{ m}^3$$

Suponiendo diferentes relaciones L/D

| L/D | L (m) | D (m) | |
|-----|-------|-------|---|
| 1 | 2.39 | 2.39 | Se elige L/D = 2 por haber el menor desperdicio con 2 placas de 6' x 10'. |
| 1.5 | 3.14 | 2.09 | |
| 2 | 3.80 | 1.90 | |
| 2.5 | 4.42 | 1.76 | |

Espesor de Envoltente Cilíndrica.

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P}$$

R= D/2 (pulg)
S= 45000 (psi) Perry Tabla 6-57
Material Acero al Carbón SA 285-A
E= 0.7 (Eficiencia de Soldadura sin radiografiar).

P = Presión de Diseño = Pop + 10 psi

$$\text{Pop} = \text{Patm} + fgh$$

$$\text{Pop} = 14.7 + \frac{(62.3^{1b}/\text{ft}^3) (32.2^{\text{ft}/\text{seg}^2}) (0.75)(1.9\text{m}) (3.28^{\text{ft}/\text{m}})}{144 \text{ pulg}^2/\text{ft}^2}$$

$$\text{Pop} = 79.9 \text{ psi} \implies P = 89.9 \text{ psi}$$

$$t = \frac{(89.9) (3.116)}{(45000) (0.7) - 0.6(89.9)} = 0.008 \text{ pulg}$$

Por lo tanto 1/8 pulg es suficiente.

Espesor de la Tapa Toriesférica

$$t = \frac{\text{PLM}}{2SE-0.2P} \quad L = D \quad M = 1.54 \quad \text{para } L/r = 10$$

$$t = \frac{(89.9) (6.232) (1.54)}{2(45000) (0.7) - 0.2(89.9)} = 0.013 \text{ pulg}$$

Por lo tanto 1/8 pulg es suficiente.

Volumen Total del recipiente.

$$L \frac{\pi D^2}{4} + 2 V_t = (3.8) \frac{\pi (1.90)^2}{4} + 2(0.58) = 12.51 \text{ m}^3$$

$$V_t = 0.000049 D_i^3 = 0.000049 (74.8)^3 = 20.5 \text{ ft}^3 \implies V_t = 0.58 \text{ m}^3$$

4.1.2.- Tanque de Recepción de Emulsión TA-202.

La función de este tanque es la de recibir la emulsión agua-aceite generada en la máquina sfumatrice, realizar su preclarificación y servir de depósito estacionario para la alimentación de la bomba B-201. Se pretende que cuente con la capacidad requerida para almacenar toda la emulsión o sea 750 l (corriente 2) y que -

sea horizontal con el fin de que no tenga gran altura y se le pueda colocar en una fosa a donde pudiera llegar la emulsión por gravedad. El tanque deberá ser construido en acero de carbón SA-285-A recubrier con pintura epóxica.

Diseño (Siguiendo procedimiento sección 4.1.1.).

| | | | |
|-----------------|----------------------|------|--|
| Volumen ocupado | $V = 0.63 LD^2$ | | |
| Volumen nominal | $= 750 l = 0.75 m^3$ | | |
| Interacion | L/D | L(m) | D(m) |
| | 1 | 1.06 | 1.06 |
| | 1.5 | 1.38 | 0.92 |
| | 2 | 1.68 | 0.84 |
| | 2.5 | 1.95 | 0.78 |
| | | | Se elige la relación L/D = 1.5 por haber el menor desperdicio con 1 placa de 5' x 10' |

Espeor Envolvente Cilíndrico

$$P_o = P_{op} + 10 \text{ psi} = 46.2 + 10 = 56.2 \text{ psi}$$

$$P_{op} = P_{atm} + \rho gh = 14.7 + \frac{(62.3)(32.2)(0.75)(0.92)(3.28)}{144} = 46.2 \text{ psi}$$

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} = \frac{(56.2)(18.1)}{45000(0.7)-0.6(56.2)} = 0.032 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto 1/8 pulg es suficiente

Espeor tapa toriesférica

$$t = \frac{PLM}{2SE-0.2P} = \frac{(56.2)(36.2)(1.54)}{2(45000)(0.7)-0.2(56.2)} = 0.049 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto 1/8 pulg. es suficiente.

Volumen total del Recipiente

$$L \frac{\pi D^2}{4} + v_t = (0.92) \frac{\pi (1.38)^2}{4} + 2(0.065) = 1.507 \text{ m}^3$$

$$v_t = 0.000049 \text{ Di}^3 = 0.000049 (36.21)^3 = 2.32 \text{ ft}^3 \implies v_t = 0.065 \text{ m}^3$$

4.1.1.3.- Tanque de Lavado y Enjuagado TA-201

La función de este tanque es realizar el lavado de las cáscaras con ayuda de detergente y aire a presión para generar turbulencia. El tanque deberá tener una rejilla de contención situada 5 cm por encima de la soldadura del cuerpo y la tapa a fin de que las cáscaras no lleguen al fondo y tapen la descarga. En el fondo contará con un difusor de aire exagonal con 6 apotemas que unan el centro y cada vertice, además, contará con un sistema de volteo por lo que se le instalará un contrapeso y 2 vastagos laterales montados sobre 2 pedestales. No estará anclado por debajo sino que habrá un canal donde pueda girar normalmente una vez que se desconecten las tuberías mediante bridas "Stub end".

El tanque deberá ser construido en acero al carbón con recubrimiento epóxico y se pretende que cuente con capacidad suficiente para contener 1000 kg de cáscara con 2000 l. de agua para enjuague (corrientes 1 y 5).

De acuerdo con una medición experimental 460 g de cáscara ocupan un espacio de 1 l. sin ser comprimidas, de ahí que la densidad atribuible a un apilamiento de cáscara es de 0.46 g/ml (0.46 kg/L) de tal suerte que 1000 kg de cáscara ocupan un volumen de 2173 l. que - aunados al agua de lavado hacen que el tanque de lavado requerido - deba ser de 4173 l. de capacidad nominal.

Diseño:

El tanque será cilíndrico con tapa inferior toriesférica y sin tapa superior.

Volumen ocupado cilíndrico

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L = 0.785 LD^2$$

$$\text{Volumen nominal} = 4.173 \text{ l.} = 4.173 \text{ m}^3 \approx 4 \text{ m}^3$$

| Interacción L/D | L (m) | D (m) | |
|-----------------|-------|-------|-----------------------|
| 1 | 1.72 | 1.72 | Se elige la relación |
| 1.5 | 2.25 | 1.50 | L/D = 1 por haber el |
| 2 | 2.73 | 1.36 | menor desperdicio con |
| 2.5 | 3.17 | 1.26 | 1 placa de 6' x 15' + |
| | | | 1 placa de 6' x 3' |

Espesor Envolvente Cilíndrico.

$$P_o = P_{op} * 1.1 = 172.5 * 1.1 = 189.7 \text{ psia.}$$

$$P_{op} = P_{atm} + P_{gh} + W_c/A = 14.7 + \frac{(62.3)(32.2)(5)}{144} + \frac{2202(4)}{\pi(5.64)^2} = 172.5 \text{ psi}$$

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{(189.7)(33.8)}{45000(0.7) - 0.6(189.7)} = 0.204 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto se requiere un espesor de $\frac{1}{4}$ pulg.

Espesor Tapa Toriesférica.

$$t = \frac{P L M}{2SE - 0.2P} = \frac{(189.7)(67.7)(1.54)}{2(45000)(0.7) - 0.2(189.7)} = 0.314 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto se requiere un espesor de $\frac{3}{8}$ pulg.

Volumen Total del Recipiente.

$$L \frac{\pi D^2}{4} + v_t = (1.72) \frac{\pi (1.72)^2}{4} + 0.43 = 4.42 \text{ m}^3$$

$$v_t = 0.000049 D^3 = 0.000049 (67.7)^3 = 15.2 \text{ ft}^3 \Rightarrow v_t = 0.43 \text{ m}^3$$

4.1.4.- Recipiente Colector-Lavador de Cáscara. RC-201.

La función de este tanque es servir de depósito de almacenamiento de la cáscara recolectada y contribuir a su conservación a través de una salmuera. Deberá contar con una válvula de cuchilla como tapa inferior y su diámetro deberá ser menor al del tanque TA-201 a fin de asegurar que toda la cáscara caiga de lleno en este. Su descarga de agua deberá ser colocada lateralmente en un chaflón toricónico de 10 cm de alto. El tanque deberá ser construido en acero al carbón -- con recubrimiento epóxico y de acuerdo con el balance de materia de la sección 4.2, deberá tener la misma capacidad nominal del tanque TA-201.

Diseño. Volumen Nominal = 4 m^3 $V = 0.785 \text{ LD}^2$

Tomando en cuenta las dimensiones calculadas para TA-201 y considerando que el diámetro de RC-201 debe ser menor, se elige $L/D = 1.5$ por haber el menor desperdicio con 2 placas de 4' x 15'.

Espesor Envolvente Cilíndrico.

$$P_d = 189.7 \text{ psia} \quad t = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{(189.7)(29.52)}{45000(0.7) - 0.6(189.7)} = 0.178 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto se requiere un espesor de 3/16 pulg.

Espesor Tapa Plana (Cuchilla).

Se recomienda una placa circular de $\frac{1}{4}$ pulg de espesor adosada a un canal y con empaques.

Volumen Total del Recipiente.

$$L \frac{\pi D^2}{4} = (2.25) \frac{\pi (1.50)^2}{4} = 3.976 \text{ m}^3$$

4.2.- Selección y Cálculo del Filtro

El filtro F-201 tendrá como función separar los detritos y - restos de bagazo que haya podido arrastrar el agua espreada en la máquina sfumatrice. Deberá ser capaz de filtrar 750 l. de emulsión agua-aceite conteniendo 29.5 kg de bagazo (corriente 2) en aproximadamente 20 minutos y remover completamente este último así como cualquier partícula mayor de 50 micras con el fin de clarificar la corriente que reingrese al tanque TA-202.

La viscosidad de la emulsión es practicamente igual a la del agua y la caída de presión máxima permisible es de 1 psi.

a) Diseño:

Nuestro objetivo es determinar el área de filtración requerida para con este dato seleccionar el filtro comercial más adecuado.

Del curso de filtración impartido por la sociedad mexicana de filtración se tiene la siguiente ecuación de diseño para filtración continua a presión constante.

$$\theta = \frac{\mu \alpha_w v^2}{2 \Delta P g_c A^2} \quad \longrightarrow \quad A = \sqrt{\frac{\mu \alpha_w v^2}{2 \Delta P g_c \theta}}$$

μ = Viscosidad de la suspension = 1 cp = 0.001 kg/m seg.

W = Cantidad de sólidos a filtrar = 29.5 kg bagazo

V = Volumen de suspensión a filtrar = 750 l. = 0.75 m³

θ = Tiempo de filtrado = 20 min = 1200 seg.

ΔP = Caída de Presión = 2 lb/ft² = 9.90 kg/m²

α = Coeficiente de Resistencia Especifica de la Torta (Experimental)

$$\alpha = \alpha_0 (\Delta P)^S$$

$$S = 0.5$$

$$\alpha_0 = 1 \times 10^7 \text{ para bagazo de limón}$$

(Laboratorio de Diseño Columbia

Filter Co. de Mexico, S.A. de C.V.)

$$\alpha = 1 \times 10^7 (9.9)^{0.5} = 3.147 \times 10^7$$

$$A = \frac{(0.001)(3.147 \times 10^7)(29.5)(0.75)^2}{2 \cdot (9.90)(9.81)(1200)} = 1.49 \text{ m}^2$$

$$A = 1.49 \text{ m}^2 = 16.03 \text{ ft}^2$$

Area de Filtración Req.

b) Selección.

La selección del tipo de filtro más adecuado para una operación determinada se realiza en función de parámetros tales como la velocidad de formación de torta, la concentración y viscosidad de la suspensión, la cantidad de sólidos a separar y el flujo de alimentación.

La tabla que presentamos a continuación, da los rangos en que se mueven las variables anteriores y el tipo de filtro más recomendable.

T A B L A V.3.
Gufa para la Selección de Filtros

| Características de suspensión | Filtración Rápida | Filtración Media | Filtración Lenta | Filtración muy lenta | Pulido |
|---|-------------------|------------------|--------------------|----------------------|----------|
| Formación de la Torta | Pulg/seg | Pulg/min | 0.05-0.25 pulg/min | 0.05 pulg/min | No |
| Concentración | 20% | 10-20% | 1-10% | 5% | 0.10% |
| Colección de Sólidos lb/hr/ft ² | 500 | 50-500 | 5-50 | 5 | -- |
| Flujo Promedio Filtrado gal/min/ft ² | 5 | 0.2-3 | 0.01-0.2 | 0.01-0.12 | 0.01-0.2 |
| Filtros Continuos y vacío | | | | | |
| Filtros Rotatorios de Tambor | | | | | |
| Filtros de hojas a vacío | | | | | |
| Filtros Nutsche | | | | | |
| Filtros Prensa | | | | | |
| Filtros de hojas verticales | | | | | |
| Filtros de Platos Horizontales | | | | | |
| Filtros de Cartucho | | | | | |

La emulsión a filtrar tiene una viscosidad de 1 cp. aproximadamente y una concentración de 3.9% en sólidos. La cantidad de sólidos a separar es de 12.1 lb/hr ft² y el flujo de admisión es de 0.62 gal min ft². Las características anteriores nos llevan a encasillar al filtro en cuestión como de filtración muy lenta y de los filtros recomendados en la 4ª columna de la tabla V.3 preferimos el tipo de platos horizontales por ser herméticos, relativamente baratos, eliminan los requerimientos de vacío y resultan ideales para el tipo de sólidos a separar ya que el bagazo no se adhiere fácilmente a las superficies filtrantes. Dado que el área de filtración requerida es de 1.49 m² hemos seleccionado el filtro marca columbia Filter mod. 18 de 10 platos horizontales en cartuchera de 1 pulg. de alto y 18 pulg. de diámetro con 1.71 m² de área total de filtración y capaz de retener hasta 63.7 l de sólidos.

4.3 Selección y Cálculo de las Bombas.

4.3.1.- Bomba de Alimentación de Emulsión.

(B-201)

La bomba B-201 tendrá como función alimentar la emulsión agua-aceite almacenada en el tanque TA-202 al filtro F-201 y a la centrifuga CE-201. Deberá ser capaz de bombear 750 l. de emulsión en un tiempo máximo de 20 minutos a una presión de 2 kg/cm². El fluido a manejar tiene viscosidad y densidad similar al agua y temperatura de 25°C (ambiente). El sistema de tubería se presenta en la fig. V.1. y se pretende especificar la potencia de la bomba para este servicio. (fig. V.1., ver Anexos).

Cálculo.

$$\text{Flujo Volumétrico} = \frac{750 \text{ l}}{20 \text{ min}} = \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ l}} \cdot 9.90 \text{ gal/min}$$

Diámetro Comercial Óptimo Nomograma 3-7 Crane. (Ver Anexos)

Velocidad Recomendada = 6ft/seg \implies ϕ nom = 3/4 pulg.

Balance Bernoulli

$$\Delta \frac{v^2}{2g} + (V^2 / \frac{2g}) + \Delta z \frac{g}{g_c} + \Delta(PV) = \phi^{\circ} - W'_f - \sum H_{fs}$$

$$- W_f = \Delta z \frac{g}{g_c} + \Delta(PV) + \sum H_{fs}$$

Tomando en cuenta datos de altura entre los puntos 1 y 2 (Fig.V.1) y bases de diseño:

$$\Delta z \frac{g}{g_c} = 6.8 \frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{lb m}}$$

$$\Delta(PV) = 1/\rho (P_2 - P_1) = 0.01589 (4092) = 65 \frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{lb m}}$$

$$\sum H_{20} = 1 \text{ l/kg} = 0.01589 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$\frac{2 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \frac{1 \text{ lb}}{0.454 \text{ kg}} * \frac{(30.48 \text{ cm})^2}{1 \text{ ft}^2} = 4092 \text{ lb/ft}^2$$

Pérdidas por Fricción.

$$H_{fs} = \frac{f' v^2 \text{ Leq}}{2 g_c \phi}$$

$$\phi = 3/4" = 0.0687 \text{ ft}$$

$$v = 6 \text{ ft/seg}$$

$$g_c = 32.2 \text{ ft/seg}^2$$

Factor de Fricción.

$$N^{\circ} Re = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0.0687 (6) (62.2)}{6.720 \times 10^{-4}}$$

$$P = 62.2 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 6.720 \times 10^{-4} \text{ lb/ft}^2\text{-seg}$$

$$N^{\circ} Re = 38 \text{ 153}$$

$$D = 0.0687 \text{ ft} \implies (e/D) = 0.0025 \text{ Gráfica A-23 Crane (Ver Anexos)}$$

$$f' = 0.043 \text{ Gráfica A-24 Crane (Ver Anexos)}$$

Longitud Equivalente (Ver fig. V.1). Anexos.

| Accesorio | N° | DI(ft) | L/D | L eq(ft) |
|------------------|-------|--------|---------|---------------|
| Descarga Tanque | 1 | 0.0687 | K = 0.5 | 0.8 |
| Tubería Recta | 18.7' | 0.0687 | 1 | 18.7 |
| Válvula de Globo | 2 | 0.0687 | 340 | 46.7 |
| Válvula Chech | 1 | 0.0687 | 135 | 9.3 |
| Válvula 3 vías | 1 | 0.0687 | 44 | 3.0 |
| Codos 90° | 4 | 0.0687 | 30 | <u>8.2</u> |
| | | | | 86.7 ft TOTAL |

$$K = f' L/D \implies L = \frac{K D}{f'} = \frac{0.5 (0.0687)}{0.043} = 0.79 \text{ ft}$$

$$H_{f_s} = \frac{(0.043) (6)^2 (86.7)}{2 (32.2) (0.0687)} = 30.3 \frac{\text{ft}}{\text{lb m}}$$

Cálculo de Energía Requerida

$$- W_f = 6.8 + 65 + 30.3 = 102.1 \frac{\text{ft}}{\text{lb m}}$$

Potencia Requerida.

$$\text{HP} = \frac{(-W_f) v P_s}{550} = \frac{(102.1) (6) (62.2) (0.00371)}{550} = 0.257 \text{ HP.}$$

$$S = 0.00371 \text{ ft}^2 \quad \text{Tabla B - 18 Crane. (Ver Anexos)}$$

Por lo tanto se especificará un motor comercial de 1/4 HP, 1450 R.P.M.

4.3.2.- Bomba de Alimentación de Agua de Proceso - (B-101)

La Bomba B-101 tendrá como función alimentar agua a los tanques RC-201 y TA-201 así como a la máquina "Sfumatrice". Deberá ser capaz de bombear 2000 l. de agua en un tiempo máximo de 10 minutos a una presión máxima de 2 kg/cm^2 para realizar los enjuagues de la cáscara en el tanque TA-201. El sistema de tubería se presenta en la figura

V.2 y se pretende especificar la potencia de la bomba.

Cálculo. (Usando el procedimiento de 4.3.1).

$$\text{Flujo Volumétrico} \quad \frac{2000 \text{ l.}}{10 \text{ min}} = 200 \text{ l/min} = 52.8 \text{ gal/min.}$$

$$\text{Diámetro Comercial de tubería} \implies \emptyset \text{ nom} = 2 \text{ pulg.}$$

Balance Bernoulli

$$- W_f' = \Delta z \frac{g}{g_c} + \Delta(PV) + \sum H_{f_B}$$

$$\Delta(PV) = 65 \frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{lb m}}$$

de acuerdo con Fig. V.2

$$\Delta z \frac{g}{g_c} = 14.8 \frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{lb m}}$$

Pérdidas por Fricción.

$$H_{f_B} = \frac{f' v^2 \text{Leg}}{2 g_c \emptyset}$$

$$\emptyset = 2 \text{ pulg} = 0.1722 \text{ ft}$$

$$v = 6 \text{ ft/seg}$$

$$g_c = 32.2 \text{ ft/seg}^2$$

Factor de Fricción

$$N^{\circ} \text{ Re} = \frac{(0.1722)(6)(62.2)}{6.720 \times 10^{-4}} = 95 \ 632$$

$$(e/D) = 0.0009 \implies f' = 0.032$$

Longitud Equivalente (ver fig. V.2.). Anexos.

| | | | | |
|------------------|-------|--------|-------|----------------|
| Descarga Tanque | 1 | 0.1722 | K=0.5 | 2.7 |
| Tubería Recta | 44.3' | 0.1722 | 1 | 44.3 |
| Válvula de Globo | 2 | 0.1722 | 340 | 117.1 |
| Válvula Chech | 1 | 0.1722 | 135 | 23.2 |
| Válvula 3 vías | 2 | 0.1722 | 44 | 15.2 |
| Codos 90° | 4 | 0.1722 | 30 | <u>20.6</u> |
| | | | | 223.1 ft TOTAL |

$$H_{fB} = \frac{(0.032)(6)^2(223.1)}{2. (32.2)(0.1722)} = 23.2 \quad \frac{\text{ft}}{\text{lb m}}$$

Energía Requerida.

$$- W_t = 14.8 + 65 + 23.2 = 103 \quad \frac{\text{ft}}{\text{lb m}}$$

Potencia Requerida

$$\text{HP} = \frac{(-W_t) v P S}{550} = \frac{(103)(6)(62.2)(0.02330)}{550} = 1.62 \text{ HP}$$

Por lo tanto se especificará un motor comercial de 2 HP

4.3.3.- Selección del tipo de Bomba más adecuado a cada servicio.

Al escoger bombas para cualquier servicio, es necesario saber que líquido se va a manejar, cual es la carga dinámica tal, las -- cargas de succión y descarga y, en la mayoría de los casos, la tem-- peratura, la viscosidad, la presión de vapor y la densidad relativa del mismo. En la industria química, la tarea de selección de bombas se complica con frecuencia, todavía más, por la presencia de sólidos y características de corrosión que exigen materiales especiales. Aunque esto no se presenta en nuestra planta hemos tratado de ser lo más generales que sea posible al construir la tabla de selección V.4.

TABLA V.4.

| Tipo de Fluido | Rango de capacidad GPM | Rango de Presión PSIG | Cabeza Dinámica (ft) | Tipo de Flujo | Tipo de Bomba Recomendada |
|--|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|
| Fluidos poco viscosos. Soluciones con abrasivos. Emulsiones poco viscosas. | 5 - 1000 | 100-400 | 100-300 | Continuo | Centrifuga Succión - Simple |
| Fluidos poco viscosos. Soluciones con abrasivos. Emulsiones poco viscosas. | 15 - 600 | 1000-3000 | 2500-3000 | Continuo | Centrifuga Etapas Múltiples |
| Fluidos poco viscosos. Soluciones con abrasivos. Emulsiones poco viscosas. | 2000-1000 | 1000-2000 | 1000-2000 | Continuo | Centrifuga Doble Succión. |
| Fluidos poco o muy viscosos. Emulsiones poco o muy viscosas. No abrasivos. | 0 - 5 | 100-600 | 100-600 | Intermitente | Dosificadoras (Diafragma) |
| Fluidos alta viscosidad - libre abrasivos. | 40 - 3000 | 50-1500 | 50-1500 | Continuo | Positivas (Engranajes) |
| Fluidos alta viscosidad - libre abrasivos | 0 - 15 | 200-600 | 200-600 | Continuo | Positivas (Gusano ó Tornillo) |
| Fluidos muy viscosos-no abrasivos. | 0 - 25 | 100-2500 | 100-2500 | Intermitente | Reciprocante Simple. |
| Fluidos muy viscosos-libre abrasivos. | 50-2000 | 600-10000 | 600-10000 | Semicontinuo | Reciprocante Múltiple. |

Las bombas que hemos calculado en el presente trabajo manejan emulsiones agua-aceite con viscosidades muy bajas, o bien agua a una presión de escasos 29.4 psi siendo conveniente que el flujo sea -- continuo.

La capacidad y la cabeza que se manejan son las siguientes:

| | Capacidad (GMP) | Cabeza (ft) |
|-------|-----------------|-------------|
| B-101 | 53 | 223 |
| B-201 | 10 | 87 |

Tomando en cuenta todas estas características se concluye que el tipo de bomba más recomendable son las centrifugas de succión - simple de acuerdo a la tabla V.4.

Los modelos comerciales de bombas centrifugas pueden ser seleccionados en función de su capacidad y de la cabeza requerida a través de curvas experimentales de operaciones que la mayoría de los - fabricantes manejan a fin de realizar una selección adecuada y rápida no únicamente del modelo de bomba sino también de algunas otras características como el diámetro del impulsor, la potencia del motor requerido y la eficiencia del acoplamiento.

De acuerdo con las características determinadas en las secciones 4.3.1 y 4.3.2 hemos decidido seleccionar el modelo 5520-A-2 de Fainbons - Morse cuya curva de operación se presenta en la Fig.V.3

4.4.- Selección de la Máquina Sfumatrice. MS - 201

Como se vió en el capítulo 3, las máquinas sfumatrice son las únicas que pueden extraer aceite esencial partiendo únicamente de la cáscara de los cítricos. Entre las múltiples ventajas con que cuentan estos equipos se encuentran su gran capacidad de producción, sus escasos requerimientos de espacio y servicios, así como su versatilidad en el procesamiento de cáscaras de diferentes cítricos.

El diseño de estas máquinas es 100% mecánico basándose en resultados experimentales y en observaciones tendientes a reproducir el procedimiento manual que inicialmente se realizaba, es por ello que no presentaremos un diseño o cálculo para ella, sino que nos limitaremos solo a seleccionar la más adecuada a nuestras necesidades.

Como se dijo en el capítulo 3, las naciones del mediterráneo son las más avanzadas en el desarrollo de esta tecnología, especialmente Italia y Yugoslavia siendo la primera la que cuenta con mayor número de firmas constructoras de máquinas para sfumatura. Dentro de ellas la casa "Francesco Speciale" de Sicilia posee una mayor cantidad de modelos, los cuales cubren un rango de capacidades desde 1 TON/hr hasta 7 TON/hr de cáscara de cítricos. Las características de estas 2 máquinas que representan la parte más superior y la más inferior en cuanto a capacidad, se reproducen a continuación:

TABLA V.5

Máquina Sfumatrice Speciale

| Modelo | | 1 R | 6 R |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Capacidad | (TON) (Piezas) | 1 6 000 | 5 - 6 40 000 |
| Motor | (KW) | 2 | 11 |
| Requerimiento de Agua | (m ³ /hr) | 1 | 6 |
| Tamaño | (m) | 3x2x1.20 | 7x3x2 |
| Construcción (Material) | | Acero Inox. 316 | Acero Inox. 316 |

En función de que nuestra planta ha sido diseñada para producir 1000 kg/día, el modelo más adecuado es el 1 R especificado arriba, - que a pesar de ser el de menor capacidad resulta un poco sobrado para nuestras necesidades.

4.5.- Selección y Cálculo de la Centrifuga. CE - 201

La centrifuga CE-201 tendrá como función separar la emulsión aceite esencial-agua con una eficiencia mínima del 95%. Deberá ser capaz de separar 750 l. de emulsión en un tiempo máximo de 1 hora y su construcción deberá ser en acero inoxidable 316 debido básicamente a que el producto final tendrá aplicación alimentaria, cosmética o farmacéutica, de ahí que se debe tener la mayor precaución para prevenir contaminación metálica y procurar su máxima pureza - posible.

Para ayudar a la separación en la centrifuga, se implementará el "Proceso Bennet" que consiste en agregar NaHCO_3 y Na_2SO_4 al 2% en la corriente de alimentación a la centrifuga, que en este caso sería la corriente 3 con la adición en el tanque TA-202 después de la filtración.

El proceso tiene las siguientes ventajas:

- Aumenta la tensión superficial del agua y del aceite esencial.
- Genera la formación de pectato sódico, cuyo poder emulsificante es mucho menor al de la pectina de la cáscara.
- Neutraliza el pH ácido que pudiera tener la emulsión por presencia de jugo en pequeñas cantidades y que afecta a la calidad del aceite.
- Neutraliza las cargas eléctricas que pudieran rodear la superficie de la miscela de aceite.

Por todo lo anterior se espera obtener un aceite centrifugado tipo B de muy alta calidad.

a) Selección.

El tipo de centrifuga más adecuado para un determinado servicio depende básicamente de la naturaleza y propiedades físicas de la mezcla a separar, pero por lo general, los diferentes tipos de cen

trifugas han sido diseñados para tener una alta eficiencia en la separación de mezclas específicas de ahí que su selección sea realmente sencilla.

A continuación resumimos los usos y mezclas para los que se recomienda cada tipo de centrifuga.

Centrifuga de Descarga de Cuchilla

- Se usan como centrifugas de sedimentación
- Separan sistemas que comprenden sólidos gruesos de fácil sedimentación.

Centrifuga de Transportador Helicoidal.

- Se usan para fluidos con sólidos abrasivos.
- Separan todos los tratamientos secundarios, arcillas finamente divididas, salmueras y sistemas con una alta concentración de sólidos.

Centrifuga de Discos

- Se usan para separar sistemas líquido - líquido.
- Excelentes para la concentración de emulsiones o separación de emulsiones de aceites de baja densidad del agua.
- Separan cremas, aceites esenciales, solventes orgánicos no solubles muy diluidos, concentración de grasas, leche, etc.

Centrifugas de Tazón Tubular

- Purificación de aceites lubricantes usados y otros aceites industriales.
- Purificación de sistemas viscosos en la industria química, alimentaria y farmacéutica principalmente.

Centrifuga de Descarga de Boquilla

- Separan emulsiones de aceites de alta densidad en agua, donde la concentración de sólidos en la fase acuosa u orgánica es despreciable.

Para obtener características particulares de cada modelo ver tabla V.6.

De acuerdo con las recomendaciones anteriores se ve que la - centrifuga más adecuada para nuestro servicio, es una de discos.

b) Cálculo.

Flujo Volumétrico $\frac{750 \text{ l.}}{60 \text{ min}} = 12.5 \text{ l./min} = 3.1 \text{ gal/min} \approx 3 \text{ gal/min}$

Volumen de Tazón $3 \text{ gal/min} * \frac{231 \text{ pulg}^3}{1 \text{ gal.}} = 693 \text{ pulg}^3/\text{min.}$

Suponiendo el tazón cilíndrico más ancho que alto



$$\text{Vol. Tazón} = \frac{\pi D^2}{4} L = 0.785 LD^2$$

| Interacción L/D | L (pulg) | D(pulg) | |
|-----------------|----------|---------|---------------------------------|
| 0.70 | 7.56 | 10.80 | |
| 0.75 | 7.91 | 10.55 | $693 \text{ in}^3 = 0.785 LD^2$ |
| 0.80 | 8.26 | 10.33 | |
| 0.90 | 8.94 | 9.93 | |

Según recomendación del Perry hay un distanciamiento promedio - entre discos de 0.07 pulgadas, de los cuales se incluyen 100 ó más - en la centrifuga. Considerando únicamente 100 discos ya que el filtro elimina gran parte de las partículas sólidas, se requeriría una altura de:

$$L = (\text{N}^\circ \text{discos}) (0.07") + \text{Espacio entre} + \text{Tolerancia para in-}$$

discos y tazón cluir más discos

$$L = 100 (0.07") + 1" + 0.35" = 8.35 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto, se escoge el $L/D = 0.8$ ($L = 8.26"/D = 10.33"$)

Fuerza Centrífuga

Con el dato de diámetro se lee en la Fig. V.4 el valor de la fuerza centrífuga en múltiplos de la fuerza de gravedad. Ver Anexos.

$$\text{Para } D = 10.33 \text{ pulg} \implies F_C = 13 \text{ 000}$$

N° de Revoluciones por minuto

$$\text{Despejando } n \text{ de : } F_C = 0.0000 \ 142 \ n^2 \ D_b \quad (19-17 \text{ Perry})$$

$$n = \sqrt{\frac{13 \ 000}{0.0000 \ 142 (10.33)}} = 9 \ 414 \text{ RPM}$$

Espesor de la pared del tazón

Asumiendo que se trata de una envolvente cilíndrica.

$$t = \frac{P R}{SE-0.6P}$$

P = Presión Interna (PSI)
 S = Fatiga del Material (PSI)
 E = Eficiencia de Soldadura = 1
 R = Radio del Recipiente (pulg)

La Fatiga del material puede calcularse mediante:

$$S_T = 4.11 * 10^{-9} \ n^2 \ D_b \left[\rho_m \ D_b + \frac{(D_b^2 - D_i^2)}{4t} \right] \quad (19-21 \text{ Perry})$$

S_T = Fatiga Total (PSI)

ρ_M = Densidad del Material de Construcción (lb/ft³)

D_b = Diámetro de la Canasta (Pulg)

D_i = Diámetro de la Superficie interna del material a centrifugar (pulg)

ρ = Densidad Promedio del material a centrifugar.

n = R.P.M.

t = Espesor de la pared del tazón (pulg)

La Presión interna puede calcularse mediante:

$$P = 2.05 * 10^{-9} n^2 (D_b^2 - D_i^2) f^2 \quad (19 - 19 \text{ Perry})$$

n = R.P.M.

P = Presión Interna (PSI)

Sustituyendo S_T en la primera ecuación de cálculo del espesor (t) y despejando este término tenemos:

$$t = \frac{PR - 4.11 * 10^{-9} n^2 D_b (D_b^2 - D_i^2)}{4.11 * 10^{-9} n^2 D_b f^2 M - 0.6 P}$$

$$(19 - 19) \quad P = 2.05 * 10^{-9} (9414)^2 (10.33^2 - 7.74^2) 62.2 = 529.3 \text{ psi}$$

Sustituyendo

$$t = \frac{(529.3)(5.16) - 4.11 * 10^{-9} (9414)^2 (62.2)(10.33^2 - 7.74^2)}{4.11 * 10^{-9} (9414)^2 (10.33)^2 (501) - 0.6 (529.3)}$$

$$t = 0.087 \text{ pulg} \approx 1/12''$$

Por lo tanto una placa de 1/8 pulg será suficiente.

Resumiendo:

| | |
|------------------------|-----------------------------------|
| Volumen del Tazón | 3 galones |
| Diámetro interno | 10.33 pulg |
| Longitud Cilíndrica | 8.26 pulg |
| Espesor del Tazón | 1/8 pulg \Rightarrow (1/8 pulg) |
| Nº Discos | 100 |
| (Disco Flexibilidad) | 5 |
| R.P.M. | 9 414 |
| Material Ac. Inox. 316 | |

Con estos datos vemos en la tabla V.6 que la centrifuga que más se ajusta es el modelo más pequeño de discos.

TABLA V.6.

CARACTERISTICAS DE CENTRIFUGAS
COMERCIALES

| Tipo | Tazón diam. in | Velocidad r.p.m. | Max. Centrifugal force, X gravity | Alimentación | | Motor Typical Irp. |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------|--|----------------------|--------------------|--------------------------|
| | | | | Líquidos gal/min. | Sólidos tons/hr | |
| Tabular | 1 $\frac{3}{4}$ | 50,000° | 62,400 | 0.05-0.25 | | ° |
| | 4 $\frac{1}{8}$ | 15,000 | 13,200 | 0.1-10 | | 2 |
| | 5 | 15,000 | 15,900 | 0.2-20 | | 3 |
| Discos | 7 | 12,000 | 14,300 | 0.1-10 | | 1/3 |
| | 13 | 7,500 | 10,400 | 5-50 | | 6 |
| | 24 | 4,000 | 5,500 | 20-200 | | 7½ |
| Descarga de Boquilla | 10 | 10,000 | 14,200 | 10-40 | 0.1-1 | 20 |
| | 16 | 6,250 | 8,900 | 25-150 | 0.4-4 | 40 |
| | 27 | 4,200 | 6,750 | 40-400 | 1-11 | 125 |
| Transporta- dor Helicoida l | 6 | 8,000 | 5,500 | To 20 | 0.03-0.25 | 5 |
| | 14 | 4,000 | 3,180 | To 75 | 0.5-1.5 | 20 |
| | 18 | 3,500 | 3,130 | To 50 | 0.5-1.5 | 15 |
| Descarga de Cuchilla | 20 | 1,800 | 920 | | 1.0 | 20 |
| | 36 | 1,200 | 740 | | 4.1 | 30 |
| | 68 | 900 | 780 | | 20.5 | 40 |

5.- Cálculo y Selección del Equipo de Servicios Auxiliares

5.1.- Selección y Cálculo del Compresor.

La función del compresor C-101, es la de suministrar aire atmosférico a presión al difusor que equipa el tanque de lavado TA-201. La presión a la que deberá entrar este aire tiene que superar la presión de operación calculada para este tanque, la cual considera la presión hidrostática, la presión debida a la cáscara y la presión atmosférica. Al respecto hay que considerar que la presión del aire no tiene que alcanzar precisamente el valor total de la presión de operación ya que si la cáscara se encuentra suspendida en el agua se espera que se reduzca la presión debida a ella y por lo tanto, la requerida por el aire. Por otra parte, este deberá de suministrar una buena turbulencia, ya que se requiere un lavado adecuado, pudiendose generar el desprendimiento de buena parte de detritos de albedo.

Así pues, la presión aproximada de suministro es de 172.5 psia. por un tiempo de 20 minutos en los que se pretende inyectar una cantidad de aire igual a 3 m³. (Corriente 7).

a) Cálculo

Según fórmula 6-31 Perry:

$$HP = 0.0044 P_1 Q_1 \ln P_2/P_1$$

P_1 = Presión entrada a compresor (PSI)

P_2 = Presión salida del compresor (PSI)

Q_1 = Flujo de aire a manejar (ft³/min)

$$Q_1 = \frac{3000 \text{ l}}{20 \text{ min}} * \frac{1 \text{ ft}^3}{28.3 \text{ l}} = 5.29 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Sustituyendo

$$HP = 0.0044 (11.37) (5.29) \ln \frac{172.5}{11.37} = 0.72$$

$$HP \approx 0.75 \Rightarrow 3/4 \text{ HP}$$

Checando la temperatura de salida del aire y su posible impacto sobre la temperatura del agua tenemos:

$$T_2 = T_1 (P_2/P_1)^{\gamma} \quad (6-24 \text{ Perry})$$

$$\gamma = \frac{k-1}{k} \quad k = 1.4 \text{ para el aire } \therefore \gamma = 0.2857$$

$$T_2 = (20 + 273) \left(\frac{172.5}{11.37} \right)^{0.2857}$$

$$T_2 = 637.2 \text{ } ^\circ\text{K} = 364^\circ\text{C}$$

Balance de Calor.

$$W_L C_{PL} \Delta T_L = W_G C_{PG} \Delta T_G$$

$$(2000)(1)(T_2 - 25) = (70)(0.25)(364 - 25)$$

$$T_2 = \frac{70(0.25)(339)}{2000} + 25 = 27.96^\circ\text{C} \approx 28^\circ\text{C}$$

$$W_L = 2000 \text{ kg agua}$$

$$W_G = 70 \text{ kg aire } (\int_G^* Q)$$

$$C_{PG} = 0.25 \frac{\text{cal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \quad (\text{Perry } 3-180)$$

El agua solo se calentará 3°C , lo cual no representa ningún problema para nuestro caso.

b) Selección.

La selección del tipo de compresor requerido para determinado servicio esta en función básicamente del gas a manejar, el volumen a inyectar y la presión de inyección requerida.

A continuación presentamos algunas características para la selección de los tipos de compresores más comunes.

Compresores Centrifugos.

- Manejan grandes volúmenes de gases con elevación de presión de 0.5 hasta varios centenares de PSIA.

- Funcionan a velocidades de entre 3500 y 30 000 R.P.M.
- Se usan para enfriamiento, desecación, suministro de - aire de combustión, transporte de materiales sólidos, - en agitación, aereación, ventilación y flotación. Compresión de vapores.

Compresor Reciprocante

- Son los compresores más comunes en trabajos ligeros y para el manejo de aire.
- Alcanzan altas presiones (hasta 200 Psi) manejando volúmenes pequeños 0-200 ft³.
- Pueden manejar presiones y flujos más altos con ayuda de varios pistones.

Compresor de Engranajes

- Manejo de Gases Limpios para plantas con instrumentación neumática.
- Alcanzan presiones de hasta 100 Psi y manejan entre 1200 y 20000 ft³/min.

Compresor Axial

- Utilizados para alimentación de aire a altos hornos, elevación de presión de gas, y en túneles aerodinámicos.
- Tienen mayor eficiencia y capacidad que los centrífugos.
- Entre sus desventajas están una gama operacional limitada, vulnerabilidad a la corrosión y erosión, y propensión a las deposiciones.

Existen otros tipos de compresores para usos muy específicos, entre ellos tenemos a los compresores rotatorios, los de aletas - deslizantes, los de gusano y los de pistón líquido.

De acuerdo con lo anterior se seleccionó un compresor recípro-
cante semiportátil de 1 solo paso, marca Kellog-Margufa y cuyas caracte-
rísticas se dan en la hoja de especificación correspondiente.

5.2.- Selección de la Desmineralizadora.

El total de agua tratada para proceso es de 8700 l. los cuales
se almacenarán en el tanque TA-101. Considerando que este volumen se
recolecte durante las 8 horas de trabajo en forma continua, se requie-
rirá de una desmineralizadora capaz de manejar 1 100 l./hr. De acuer-
do con esto se recomienda el modelo MV-14 de la marca Culligan cuyas
características se presentan en la hoja de especificación correspon-
diente.

6.- Hojas de Especificación

Tanque de Almacenamiento Horizontal

TA - 101

| | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Capacidad Total | 12 510 | l. |
| Capacidad Nominal | 9 000 | l. |
| Contenido Normal | 8 700 | l. |
| Temperatura de Operación | 25°C | |
| Altura Hidrostática de Operación | 1 425 | mm |
| Peso del Recipiente Vacío | 706 | kg |
| Peso del Recipiente Lleno | 9 406 | kg |
| Espesor Placa del Cuerpo | 3.175 | mm (1/8 pulg) |
| Espesor Placa de Tapas | 3.175 | mm (1/8 pulg) |
| Diámetro Interno | 1 900 | mm |
| Longitud Cilíndrica | 3 800 | mm |
| Tipo de Tapas | Toriesférica | |
| Inspección Radiográfica | Sin | |
| Relevar Esfuerzos | No | |
| Presión de Operación | 5.62 | kg/cm ² |
| Presión Hidrostática | 4.58 | kg/cm ² |
| Presión de Diseño | 6.32 | kg/cm ² |
| Material | Acero al Carbón SA-285-A | |

Este formato es aplicable a todos los tanques cambiando sus características particulares.

Máquina Sfumatrice Speciale

MS - 201

| | |
|--|---|
| Modelo | 1 R |
| Capacidad de Procesamiento | 1 TON/hr |
| Capacidad de Procesamiento (Piezas) | 6000 cáscaras/hr |
| Capacidad de Producción (Aceite) | 2.5 - 5 kg/hr |
| Requerimiento de Agua | 1 m ³ /hr |
| Velocidad de Cribas | 300 oscilaciones/minuto |
| Separación entre Cribas | 2 mm |
| Dimensiones - Longitud | 3 000 mm |
| Ancho | 2 000 mm |
| Alto | 1 260 mm |
| Potencia Requerida del Motor | 2 KW |
| Material de Construcción | Acero al Carbón (Estructura) Lámina de Ac. Inox. Cal. 12 |
| Tolva Dosificadora (ancho, largo, alto) | 2 m ³ 2000/1000/1000 mm |

Filtro Pulidor

F - 201

| | |
|--------------------------|--|
| Tipo | Filtro de Platos Horizontales |
| Modelo | 18 Columbia Filters. |
| Capacidad | 37.85 l/min. (10 GPM) |
| Superficie Filtrante | 1.49 m ² |
| Volumen para Torta | 63.7 l |
| Diámetro de Platos | 457 mm |
| Número de Platos | 10 |
| Presión de Trabajo | 2 kg/cm ² |
| Material de Construcción | Ac. Inoxidable 304 |
| Plato de Barrido | Sí |
| Accesorios | Manómetro y Válvula de aguja para venteo |
| Sistema de Cierre | Tornillos Basculantes y tuercas |
| Acabado | Pulido Sanitario |

Características de Suspensión

| | |
|-------------------------|------------------------------|
| Velocidad de Filtración | Muy lenta |
| Formación de Torta | 0.05 pulg/min |
| Concentración | 3.9% |
| Flujo Promedio Filtrado | 0.62 gal/min ft ² |
| Colección de Sólidos | 12.1 lb/hr ft ² |

Emulsión agua-aceite esencial con bagazo y detritos de cáscara de limón.

Bomba Centrífuga

B - 101

| | |
|-------------------------------|--|
| Líquido a Manejar | Agua Tratada |
| Temperatura de Flujo | 20°C |
| Densidad | 1 kg/l. |
| Capacidad Normal | 200 l/min (52.8 GPM) |
| Presión Descarga | 2 kg/cm ² |
| Cabeza Hidrostática Requerida | 4 481 mm (14.8 ft) |
| Tamaño Brida de Succión | 50.8 mm (2 pulg) |
| Tamaño Brida de Descarga | 50.8 mm (2 pulg) |
| Material | Hierro Colado |
| Potencia Requerida del Motor | 2 HP |
| Polos | 2 |
| R.P.M. | 1750 R.P.M. |
| NPSH | 31.35 $\frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$ (ver Anexos) |

Este formato también se aplica a la bomba B-201 cambiando sus características particulares.

Centrífuga de Discos

CE - 201

| | | |
|-----------------------------|-------------|----------------------|
| Volumen de Tazón | | 11.3 l. (3 gal) |
| Dimensiones de Tazón | Diámetro | 262 mm |
| | Altura Cil. | 209 mm |
| Número de Discos | | 100 |
| Separación entre Discos | | 1.7 mm |
| Fuerza Centrífuga Requerida | | 13 000 g |
| R.P.M. | | 12 000 |
| Fuerza Centrífuga Máxima | | 14 300 g |
| Espesor Placa del Tazón | | 3.175 mm (1/8 pulg.) |
| Material | | Acero Inoxidable 316 |
| Potencia del Motor | | 1 HP. |

Compresor Reciprocante

C - 101

| | |
|-------------------------|--|
| Tipo | Reciprocante, de paso simple |
| Modelo | F-211-A. Murguía-Kellog |
| Presión Descarga | 10.5 kg/cm ² |
| Flujo de Aire a manejar | 150 l/min (5.3 CFM) |
| Capacidad del Tanque | 72 l. |
| Peso | 75 kg |
| Potencia Req. del Motor | 3/4 HP |
| Accesorios | Manómetro, Válvula de Seguridad, Interruptor de Parada y Arranque. |

Desmineralizadora

D - 101

| | |
|---------------------------|--|
| Capacidad | 154 000 granos CaCO_3 |
| Gasto de Servicio | 38 l/min (10 GPM) |
| Tanques de Resina | 1 |
| Diámetro | 752 mm |
| Altura | 2 140 mm |
| Presión máx. de Operación | 7 kg/cm^2 |
| Temperatura de Operación | 25 °C |
| Resina | Catiónica-Aniónica Base Fuerte |
| Area de Instalación | 2.98 m^2 |
| Material | Acero Inoxidable 304 Hule Vulcanizado Interior. |

7.- Estudio de Distribución de Planta.

De acuerdo con la capacidad de planta, la capacidad de recolección de cáscara y la localización de los mercados se vió la conveniencia de situar la planta en el D.F., en el norte de la ciudad y en un terreno urbanizado con todos los servicios - cerca de alguna zona industrial. De acuerdo con esto se consideró ideal una nave industrial en venta en Calzada Azcapotzalco-La Villa # 1058 Col. San Bartolo Atepehuacan. Esta calle es ancha y poco transitada, en tanto que la nave se situa solo a 50 m de Calz. de los 100 metros, contando con todos los servicios y un área techada de 250 m² aproximadamente.

Tomando en cuenta los requerimientos de nuestra planta se propone la siguiente distribución para ser adaptada a este local. Fig. V.5.

CAPITULO VI
ESTUDIO ECONOMICO

CAPITULO VI

Estudio Económico.

1.- Presentación.

El estudio económico de un proyecto toma en cuenta todos los costos y gastos de operación del mismo con el fin de determinar su viabilidad. Este tipo de estudios tiene particular interés en momentos de crisis económica e inflación galopante dado que el manejo de datos incorrectos puede falsear los resultados y llevar al fracaso todo el trabajo técnico realizado una vez puesto en marcha. Es por ello que en las siguientes páginas trataremos de ser lo más precisos que sea posible a fin de determinar la factibilidad real de este trabajo.

2.- Estimación de Inversión total del Proyecto.

La inversión total de un proyecto se calcula mediante la suma de los gastos preoperativos, la inversión fija y el capital de trabajo.

$$I_T = G_p + I_f + C_t$$

2.1.- Estimación de Gastos Preoperativos.

Los gastos preoperativos incluyen las erogaciones por investigación y desarrollo de tecnología, patentes o transferencias de tecnología, organización de la empresa, elaboración del proyecto final y las pruebas de arranque.

En este proyecto solo se consideran los gastos de organización y fundación de la empresa y los de pruebas de arranque. Se considerará como proyecto final este trabajo con un costo equivalente al requerido en materiales e impresión no tomando en cuenta honorarios de personal.

| | |
|--|---------------------|
| Asesoría Administrativa y Fundación de la Empresa | 2 000 000.00 |
| Gastos Pruebas de Arranque | 2 000 000.00 |
| Proyecto Final Elaboración | <u>500 000.00</u> |
| Gastos Preoperativos | <u>4 500 000.00</u> |

22.- Estimación de Inversión Fija

La Inversión Fija es el conjunto de erogaciones por bienes relacionados con la producción y el lugar donde estas se llevan a cabo. En general, se le eroga en una sola partida antes del inicio de las operaciones. Incluye los siguientes rubros:

- a) Terreno
- b) Obra Civil
- c) Maquinaria y Equipo
- d) Instalación de Maquinaria y Equipo
- e) Servicios Auxiliares e Instalación Complementaria.
- f) Ingeniería, Supervisión y Admón. de Montaje
- g) Muebles e Instrumentos de Laboratorio.
- h) Vehículos.

a) Terreno.

Se plantea la compra de la nave industrial situada en Calz. Azcapotzalco-La Villa # 1058 y cuyo precio es de \$40'000.000.00 (Cuarenta Millones de Pesos 00/100 M.N.).

b) Obra Civil.

Se considera que las obras civiles para habilitar la planta - de acuerdo al plano de la fig. V.5. se requeriría de \$10'000,000.00 (Diez millones de Pesos 00/100 M.N.).

c) Maquinaria y Equipo Primordial.

A continuación se presentan los costos del equipo primordial de proceso, (obtención por cotización telefónica o directa de los fabricantes y distribuidores):

TABLA VI.1.

| Equipo | Clave | Costo (Miles de Pesos) |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------|
| Tanque Recolector | RC-201 | 718 |
| Tanque Lavador | TA-201 | 675 |
| Tanque Almacenamiento de Agua | TA-101 | 1 640 |
| Tanque Almacenamiento de Emulsión | TA-202 | 308 |
| Máquina Sfumatrice | MS-201 | 9 000 |
| Bomba Centrífuga | B-101 | 765 |
| Bomba Centrífuga | B-201 | 1 600 |
| Filtro Pulidor | F-201 | 4 500 |
| Centrífuga | CE-201 | 16 000 |
| Dermineralizadora | D-101 | 7 700 |
| Compresora | C-101 | 2 018 |
| | T O T A L | <u>44 924</u> ===== |

d) Instalación de Maquinaria y Equipo.

Se calcula como un porcentaje del costo del equipo que varía entre el 10 y el 30%. En el caso de nuestra planta consideraremos la cota inferior, o sea \$4,492,000.00 (Cuatro Millones Cuatrocientos Noventa y dos mil pesos 00/100 M.N.)

e) Instalación Complementaria y de Servicios.

Se calcula también como un porcentaje del costo del equipo que varía entre el 10 y el 30%. Nuevamente \$4,492,000.00 (Cuatro Millones -

Cuatrocientos Noventa y dos mil pesos 00/100 M.N.).

f) Ingeniería, Supervisión y Admón del Montaje.

Este rubro varía mucho dependiendo del alcance y duración del proyecto pudiendo alcanzar hasta el 65% del costo de los equipos. En nuestro caso se considerará el sueldo de 1 ingeniero especializado y 2 ayudantes durante 2 meses para instalar y probar los equipos, es decir \$2'500.000.00 (Dos Millones Quinientos mil pesos 00/100 M.N.).

g) Muebles e Instrumentos de Laboratorio.

Se pretende montar un laboratorio de control de calidad con el material y equipo más básico para determinar propiedades físicas del aceite esencial de limón obtenido. Siendo conservadores se estima una inversión de \$10'000,000.00. (Diez Millones de pesos 00/100 M.N.).

h) Vehículos.

Se considerará la compra de 2 combis usadas es decir \$8'000,000.00 (Ocho millones de pesos 00/100 M.N.). Sumando todos estos factores se requeriría una inversión fija de:

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Terreno | 40 000 |
| Obra Civil | 10 000 |
| Equipo y Maquinaria | 44 924 |
| Instalación Equipo y Maq. | 4 492 |
| Instalación Complementaria | 4 492 |
| Ingeniería y Supervisión | 2 500 |
| Muebles e Instrumentos de Lab. | 10 000 |
| Vehículos. | 8 000 |
| | <u>8 000</u> |
| T O T A L | <u>124 408</u> |

Inversión Fija \$ 124'408,000.00 (CIENTO VEINTICUATRO MILLONES CUA---
TROCIENTOS OCHO MIL PESOS 00/100 M.N.)

2.3.- Estimación del Capital de Trabajo.

El Capital de Trabajo son los recursos que se destinan a atender operaciones de producción, distribución y ventas de los productos elaborados. Esta constituido por los siguientes rubros:

- a) Inventario de Materias Primas
- b) Inventario de Producto en Proceso
- c) Inventario de Producto Terminado
- d) Efectivo en Caja
- e) Cuentas por Cobrar
- f) Cuentas por Pagar

En el caso de nuestra planta, al procesar un desperdicio, tener un proceso muy rápido y producir una cantidad pequeña de aceite, el capital de trabajo se minimiza al no considerarse inventario de materia prima, producto en proceso, cuentas por cobrar, ni cuentas por pagar. En cuanto a los demás rubros se tiene lo siguiente:

c) Inventario de Producto Terminado.

La cantidad de producto almacenado depende del ritmo de ventas, sus fluctuaciones, las características del producto, y la capacidad de producción.

En el caso de nuestra planta la limitante es la cantidad de cáscara recolectada, la que solo permite una producción de 5.2 kg de aceite centrifugado tipo B por semana, de ahí que hemos decidido mantener un inventario de un mes de producción, es decir, 20.8 kg que implican un total de:

$$20.8 \text{ kg} * \frac{1 \text{ lb}}{0.454 \text{ kg}} * 17.50 \frac{\text{U.S.dls}}{\text{lb}} * 1500 \frac{\$}{\text{US.dls}} = 1'202,643.00 \text{ M.N.}$$

TOTAL: \$ 1'200,000.00 (UN MILLON DOSCIENTOS MIL PESOS 00/100 M.N.).

d) Efectivo en Caja.

El efectivo en caja y bancos sirve para cubrir gastos menores y

para el pago de sueldos y salarios llegado el momento. Su monto depende de la capacidad de producción, el n° de empleados y la diversidad de productos manufacturados, entre otros factores. En el caso de nuestra planta se consideró una cantidad igual a una quinta parte de los salarios nominales del personal, más una cantidad equivalente para afrontar imprevistos. Este total importa \$ 1'100,000.00 (Un Millón Cien Mil pesos 00/100 M.N.)

Así pues el capital de trabajo requerido es de \$2'300,000.00 (Dos Millones Trecientos Mil pesos 00/100 M.N.).

La Inversión Total requerida por el proyecto es igual a:

| | |
|----------------------|------------------------|
| Gastos Preoperativos | \$ 4'500,000.00 |
| Inversión Fija | \$ 124'408,000.00 |
| Capital de Trabajo | \$ <u>2'300,000.00</u> |
| INVERSION TOTAL | \$ 131'208,000.00 |

(CIENTO TREINTA Y UN MILLONES DOSCIENTOS OCHO MIL PESOS 00/100 M.N.)

3.- Estimación de Costos y Presupuestos de Operación.

La estimación de costos de operación es determinante para realizar la evaluación económica del proyecto, es por ello que con el fin de ser más fidedignos, esta estimación se realizará a precios de septiembre de 1987 en pesos constantes y considerando que la -- proyección de índices de inflación no es confiable, de ahí que en caso de hacer proyecciones, se afectará al rubro por un factor de - 2.2 que equivale a una inflación anualizada del 120%.

3.1.- Presupuesto de Ingresos.

En el capítulo 5 se vió que la planta tenía una alta capacidad de producción, la cual estaba limitada por la capacidad de recolección de cáscara que solo permite una producción anual de 270.4 kg (595 lb) de aceite esencial.

Tomando en cuenta el precio de 17.50 U.S.dls. por libra de acaite centrifugado tipo B (*) se tiene el siguiente presupuesto de ingresos:

| AÑO | PARIDAD (\$/U.S.d) | PRECIO * (U.S.dls) | VENTAS TOTALES (Miles de Pesos) |
|------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 1987 | 1500 | 17.50 | 15, 619 |
| 1988 | 3300 | 18.00 | 35, 343 |
| 1989 | 7260 | 18.50 | 79, 914 |

* Sujeto al Mercado Internacional.

3.2.- Presupuesto de Egresos.

Los egresos totales de operación de una planta están constituidos por:

- 1) Costos de Operación
 - a) Variables
 - b) Fijos
- 2) Cargos Fijos de Inversión
- 3) Cargos Fijos de Operación
- 4) Gastos Generales
- 5) Cargos Fijos por Financiamiento

3.2.1.- Costos de Operación.

Costos Variables.

Son aquellos costos que están en función del volumen de producción. En términos generales son: las materias primas, servicios auxiliares y las regalías por uso de tecnología.

Nuestra planta no compra materias primas ni se pretende comprar tecnología de ahí que solo se considerarán los servicios auxiliares (agua y electricidad).

a) Servicios Auxiliares.

Agua

De acuerdo al estudio de ingeniería la planta requiere los siguientes volúmenes de agua por día laborable.

| | |
|--------------------------|---------------|
| Agua de Proceso | 8 700 l. |
| Agua Servicios Generales | <u>700 l.</u> |
| | 9 400 l. |

Adicionalmente se almacenarán los 700 l. de agua provenientes de la centrífuga, como agua de emergencia contra incendio. Esta agua no se consume.

De acuerdo a lo anterior y considerando un total de días laborales de 104 tenemos que el total de agua requerida por año es de 977 600 l. (978 m³). Por lo tanto el costo correspondiente asciende a:

TABLA VI. 3.

| AÑO | \$/m ³ agua | Costo Total Anual (miles de pesos) |
|------|------------------------|---------------------------------------|
| 1987 | 220 | 215 |
| 1988 | 484 | 473 |
| 1989 | 1 065 | 1 041 |

b) Electricidad.

Se considera un consumo de 75 kw-hr por mes. Este dato corresponde al consumo actual del local propuesto, el cual en términos generales cuenta con la misma carga que requerirá nuestra planta. Si el precio del kw-hr en esta zona es de \$ 67.00 tenemos lo siguiente:

TABLA VI.4.

| AÑO | Costo kw-hr (\$) | Consumo Anual (kw-hr) | Costo total Anual (miles de pesos). |
|------|---------------------|--------------------------|---|
| 1987 | 67 | 900 | 60.3 |
| 1988 | 147 | 900 | 132.3 |
| 1989 | 324 | 900 | 291.6 |

Sumando estos conceptos se obtienen los siguientes totales:

TABLA VI.5.

| ASO | Costo Total Servicios Auxiliares. (miles de Pesos) |
|------|--|
| 1987 | 275.3 |
| 1988 | 605.3 |
| 1989 | 1 332.6 |

Costos Fijos.

Aquí se incluyen los costos que no dependen del volumen de - producción como son: sueldos y salarios, mantenimiento y refacciones y los suministros de operación.

a) Sueldos y Salarios.

A continuación se presenta la lista de personal requerido por la planta con su correspondiente sueldo base e integrado, considerando prestaciones por un 33% adicional.

Estas prestaciones incluyen lo siguiente:

| | |
|------|---------------------------------------|
| 12% | Cuotas del IMSS |
| 5% | Cuotas del INFONAVIT |
| 1% | Impuesto sobre remuneraciones pagadas |
| 8.5% | Aguinaldo |
| 6.5% | Prima Vacacional |

TABLA VI.6.
(Miles de Pesos)

| N° | Puesto | SUELDO MENSUAL BASE | SUELDO INTEGRADO | SUELDO TOTAL Anual |
|----|--------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| 1 | Superintendente Gral. | 450 | 598.5 | 7 182 |
| 2 | Obreros | 150 | 199.5 | 4 788 |
| 1 | Secretaria | 200 | 266.0 | 3 192 |
| 1 | Vigilante | 150 | 199.5 | <u>2 394</u> |
| | | | GRAN TOTAL | 17 556 |

| AÑO | TOTAL ANUAL DE SUELDOS (Miles de Pesos) |
|------|--|
| 1987 | 17 556 |
| 1988 | 38 623 |
| 1989 | 84 971 |

b) Mantenimiento y Refacciones.

Este rubro se considera el 5% de la inversión fija por concepto de equipo, es decir:

TABLA VI. 7.
(Miles de pesos)

| AÑO | TOTAL ANUAL MANTENIMIENTO |
|------|---------------------------|
| 1987 | 2 246 |
| 1988 | 4 941 |
| 1989 | 10 872 |

c) Suministros de Operación

Incluyen lubricantes, materiales de limpieza etc. Se les considera como un 5% del presupuesto para mantenimiento.

TABLA VI. 8.
(Miles de Pesos)

| AÑO | TOTAL ANUAL SUMINISTROS |
|------|-------------------------|
| 1987 | 112 |
| 1988 | 247 |
| 1989 | 544 |

3.2.2.- Cargos Fijos de Inversión.

Estos cargos son consecuencia directa de la Inversión Fija por lo cual permanecen constantes. A pesar de que a últimas fechas el boletín B-10 marca la revalorización de activos, aquí tomaremos la

inversión fija con valor constante en el tiempo por simplicidad.

Los rubros a considerar son: depreciaciones y amortizaciones, impuestos sobre la propiedad y Seguros de planta.

a) Amortizaciones y Depreciaciones

Estos costos son resultado directo de la disminución del valor de los activos fijos debido al uso. En México, la tasa de depreciación para maquinaria y equipo es del 9%, para obra civil del 3% y del 20% para equipo de transporte. La tasa de amortización de estudios y gastos preoperativos es de 9%.

De acuerdo con las erogaciones calculadas en la sección 2 se tiene lo siguiente:

TABLA VI.9
(miles de pesos)

| Cargo | Rubro | Tasa | Cargo Fijo |
|----------------|---------------------------|------|--------------|
| Depreciación | Equipo de Proceso | 9% | 4 043 |
| | Obra Civil | 3% | 300 |
| | Vehículos | 20% | 1 600 |
| | Equipo de Laboratorio | 9% | 900 |
| Amortizaciones | Gastos Preoperativos | 9% | 405 |
| | Instalación y Supervisión | 9% | 1 033 |
| GRAN TOTAL | | | <u>9 331</u> |

b) Impuestos sobre la Propiedad

El impuesto predial en la zona donde se localizará la planta es del 4% sobre su valor, de ahí que si la nave costará 40 millones de pesos el impuesto anual correspondiente será de \$1'600,000.00. Considerando la inflación se tendría:

TABLA VI. 10.
(miles de pesos)

| AÑO | TOTAL ANUAL IMPUESTO PREDIAL |
|------|------------------------------|
| 1987 | 1 600 |
| 1988 | 3 520 |
| 1989 | 7 744 |

c) Seguros.

El costo de un seguro para una planta industrial generalmente es del orden del 1% de la inversión fija. Considerando la inflación tendríamos:

TABLA VI. 11.
(miles de pesos)

| AÑO | TOTAL ANUAL POR SEGUROS |
|------|-------------------------|
| 1987 | 1 244 |
| 1988 | 2 737 |
| 1989 | 6 021 |

3.2.3.- Cargos Fijos de Operación.

Se incluyen aquí los gastos por concepto de materiales para -intendencia de planta, operación del laboratorio, cascos y equipo de seguridad para obreros y otros gastos menores inherentes a la operación cotidiana. Su valor real es muy variable, sin embargo para plantas pequeñas como la nuestra se le puede estimar como el -10% del costo total de la mano de obra por año.

TABLA VI. 12.
(miles de pesos)

| AÑO | TOTAL CARGOS FIJOS OPERACION |
|------|------------------------------|
| 1987 | 1 755 |
| 1988 | 3 862 |
| 1989 | 8 497 |

3.2.4.- Gastos Generales.

Son todos los gastos necesarios para hacer llegar el producto al mercado, mantener la empresa en posición competitiva y lograr su adecuada operación administrativa y contable. Abarcan los siguientes rubros:

a) Gastos Administrativos.

Se incluyen aquí los gastos por papelería y suministro de oficina, así como la asesoría contable necesaria para la empresa. Esta se ha considerado en \$300,000.00. (Trescientos mil pesos 00/100 M.N) mensuales en promedio y si dejamos la tercera parte de esta cantidad adicional para papelería tendremos:

TABLA VI. 13.
(miles de pesos).

| ANO | TOTAL ANUAL GASTOS ADMINISTRATIVOS |
|------|---------------------------------------|
| 1987 | 4 800 |
| 1988 | 10 560 |
| 1989 | 23 232 |

b) Gastos de Distribución y Ventas.

Aquí se considerará el pago de teléfono, empaques y etiquetas, gasolina de los vehículos, folletos explicativos, hojas de especificación, muestras, etc.

Este rubro lo hemos considerado en \$ 250,000.00 (Doscientos - Cincuenta Mil pesos 00/100 M.N.) mensuales, de ahí que tengamos:

TABLA VI. 14.
(miles de pesos).

| ANO | TOTAL ANUAL GASTOS VENTAS |
|------|---------------------------|
| 1987 | 3 000 |
| 1988 | 6 600 |
| 1989 | 14 520 |

c) Gastos de Investigación y Desarrollo.

Para estimar los gastos de investigación y desarrollo, normalmente se les considera como un porcentaje de ventas que puede ir desde 2 hasta 5%.

TABLA VI. 15.
(Miles de Pesos).

| AÑO | TOTAL ANUAL GASTOS INVESTIGACION |
|------|----------------------------------|
| 1987 | 781 |
| 1988 | 1767 |
| 1989 | 3996 |

Consientes de la importancia de la investigación, este porcentaje podría elevarse al 10% en caso de ser rentable el proyecto.

3.2.5.- Cargos Fijos por Financiamiento.

El presente proyecto no contempla la posibilidad de financiamiento bancario de ahí que este rubro sea nulo.

4.- Punto de Equilibrio.

El análisis de punto de equilibrio es muy importante ya que permite conocer el volumen de producción mínimo a partir del cual se obtienen utilidades (capacidad mínima económica de operación), para ello se grafican los ingresos y los egresos y se determina el punto de intersección entre ambas rectas.

La recta de egresos tiene como ordenada el valor de los costos fijos y su pendiente depende de la incidencia de los costos variables.

Esta gráfica se construye generalmente considerando un 100% de capacidad en la operación de la planta, sin embargo, en el caso de nuestra planta la capacidad máxima de operación esta muy lejos de poder ser alcanzada de ahí que la gráfica se construirá pa

ra una producción de 270.4 kg anuales que es la que permite el -
nivel de recolección considerado.

De acuerdo con lo anterior el punto de equilibrio a precios
y costos de septiembre de 1987 sería el siguiente:

TABLA VI. 16

Ingresos por Ventas

| Venta Acumulada (kg) | Ingresos (Miles de Pesos) |
|-------------------------|------------------------------|
| 50 | 2 891 |
| 100 | 5 782 |
| 150 | 8 673 |
| 200 | 11 564 |
| 270 | 15 619 |

TABLA VI. 17.

Egresos Totales de Operación
(Miles de Pesos)

| | |
|--------------------------------------|--------|
| I.- Costos de Producción | 1987 |
| A.- Costos Variables | |
| Materias Primas | --- |
| Servicios Auxiliares | 275,3 |
| Regalías | --- |
| TOTAL COSTOS VARIABLES | 275.3 |
| B.- Costos Fijos | |
| Mano de Obra. Sueldos | 17 566 |
| Mantenimiento y Reparación | 2 246 |
| Suministros de Operación | 112 |
| II.- Cargos Fijos de Inversión | |
| Depreciaciones y Amortizaciones | 8 331 |
| Impuestos sobre la Propiedad | 1 600 |
| Seguros sobre la Planta | 1 244 |
| III.- Cargos Fijos de Operación | 1 755 |
| IV.- Cargos Fijos de Financiamiento | --- |
| TOTAL DE COSTOS FIJOS | 32 844 |
| V.- Gastos Generales | |
| Gastos Administrativos | 4 800 |
| Gastos de Distribución y Ventas | 3 000 |
| Gastos de Investigación y Desarrollo | 781 |
| TOTAL DE GASTOS GENERALES | 8 581 |
| TOTAL GASTOS Y COSTOS FIJOS | 41 425 |
| GRAN TOTAL | 41 700 |

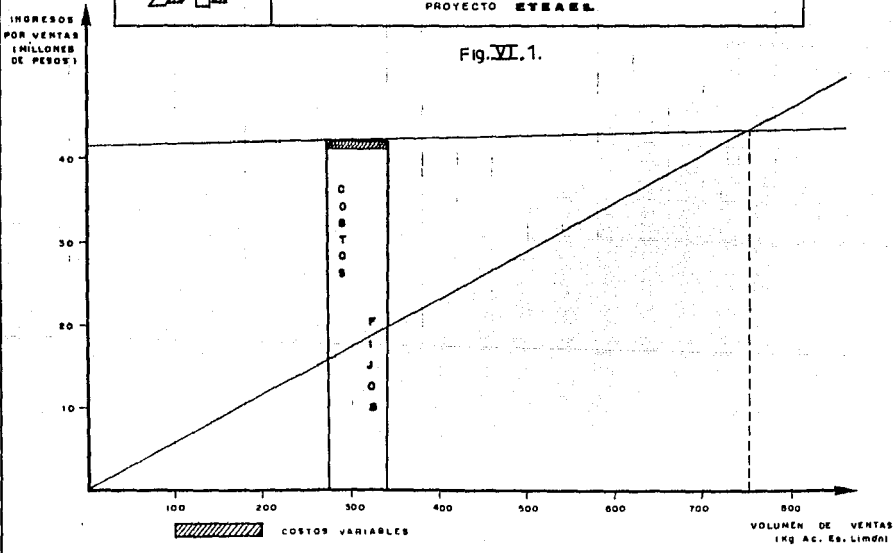
A

TESIS PROFESIONAL

DETERMINACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

PROYECTO ESTEEL.

Fig. VI. 1.



En la figura VI.1 se puede observar que el punto de equilibrio para nuestra planta se tendrá al vender 748 kg de aceite esencial, lo cual si tomamos en cuenta el rendimiento del proceso seleccionado equivaldría a procesar 288 Toneladas de cáscara por año o lo que es lo mismo 5.54 Toneladas por semana. Esto nos dice que para alcanzar el punto de equilibrio habría que duplicar la capacidad de recolección ya que con la que se ha tomado en cuenta hasta ahora el proyecto no es rentable.

Esto quedará totalmente asentado al estimar el costo unitario de producción y comparado con el precio de venta.

5.- Estimación del Costo Unitario de Producción.

La estimación del costo unitario de producción se obtiene al considerar todos los costos y gastos de operación y dividir este total entre el volumen de producción.

Los estimados para los primeros 2 años de operación de la planta se presentan en la tabla VI.18.

TABLA VI. 18.
Presupuesto de Egresos Totales de Operación
(Miles de Pesos).

| Concepto | 1987 | 1988 | 1989 |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| Precio de Venta (\$/kg) | 57 819 | 127 202 | 279 846 |
| Volumen de Ventas (kg) | 270 | 270 | 270 |
| Volumen de Producción (kg) | 270 | 270 | 270 |
| Materias Primas | --- | --- | --- |
| Servicios Auxiliares | 275 | 605 | 1 332 |
| Regalías | --- | --- | --- |
| Sueldos y Salarios | 17 556 | 38 623 | 84 971 |
| Mantenimiento y Reparación | 2 246 | 4 941 | 10 872 |
| Suministros de Operación | 112 | 247 | 544 |
| Depreciaciones y Amortizaciones | 8 331 | 8 331 | 8 331 |
| Seguros | 1 244 | 2 737 | 6 021 |
| Cargos Fijos de Operación | 1 755 | 3 862 | 8 497 |
| Cargos Fijos por Financiamiento | --- | --- | --- |
| Gastos de Admón. | 4 800 | 10 560 | 23 232 |
| Gastos de Distribución y Ventas | 3 000 | 6 600 | 14 520 |
| Gastos de Investigación | 781 | 1 767 | 3 996 |
| Costos Totales de Operación | 40 100 | 78 273 | 162 316 |
| Costo Unitario de lo Vendido (\$/kg) | 148 518 | 289 900 | 601 170 |

Como se puede observar en la tabla anterior, el costo de lo vendido es hasta 256% más alto que el precio de venta del producto en el mercado y esta situación no cambia en los siguientes años debido a que la planta no incrementa su producción al estar limitada por la cantidad de cáscara que es posible recolectar.

De esta forma se demuestra que la producción de aceite esencial de limón centrifugado tipo B, no es rentable en este nivel de producción.

6.- Cálculo de la Tasa Interna de Retorno. Estudio de Sensibilidad.

La tasa interna de retorno (TIR), es una medida que nos indica a qué porcentaje anual se recupera la inversión realizada. Este parámetro es intrínseco para cada proyecto y en su evaluación están implícitos todos los factores que confirman la operación de la empresa.

Para poderla calcular se estiman las ganancias durante el número de años de vida del proyecto (n) y posteriormente estas cantidades se "traen" a valor presente neto (VPN) mediante la siguiente fórmula:

$$VPN = \sum_{j=0}^n \frac{F_{Ej}}{(1+i)^j}$$

$$VPN = F_{E0} + \frac{F_{E1}}{(1+i)} + \frac{F_{E2}}{(1+i)^2} + \frac{F_{E3}}{(1+i)^3} + \dots + \frac{F_{En}}{(1+i)^n}$$

En esta fórmula F_E significa "Flujo de Efectivo" y su valor corresponde al de las ganancias (utilidad neta) de cada año en particular. Generalmente F_{E0} es negativa y su valor es igual al de la inversión inicial total, es decir, la suma de la inversión fija, el capital de trabajo y los gastos preoperativos.

El resto de los F_E se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$F_{Ej} = V_j - C_{Tj} - T_{Xj} - G_j - I_j + S_j$$

De donde:

F_{Ej} = Flujo de Efectivo (año j).
 V_j = Ventas.
 C_{Tj} = Costos de Producción.
 T_{Xj} = Impuestos sobre Ganancias.
 G_j = Gastos Generales.
 I_j = Inversión Fija.
 S_j = Valor de Salvamento.

Por simplicidad no tomaremos en cuenta la inversión fija ni el valor de salvamento en nuestro proyecto.

Cuando el VPN se iguala a cero y se calcula el valor de "i", se dice que éste representa la tasa interna de retorno del proyecto.

De acuerdo con los datos presentados en la tabla VI. 18, a continuación se calculan los F_{Ej} para los primeros 5 años de vida del proyecto:

TABLA VI. 19
(Miles de Pesos)

| Año | V_j | C_{Tj} | G_j | T_{Xj} | F_{Ej} |
|------|--------|----------|--------|----------|----------|
| 1987 | 15 619 | 31 515 | 8 581 | - | (24 477) |
| 1988 | 17 962 | 36 242 | 9 868 | - | (28 148) |
| 1989 | 20 656 | 41 678 | 11 348 | - | (32 370) |
| 1990 | 23 754 | 47 930 | 13 050 | - | (37 226) |
| 1991 | 27 317 | 55 119 | 15 008 | - | (42 810) |

Los valores arriba estimados son en base a pesos constantes y considerando el "Valor de Oportunidad" como de un 15%.

Substituyendo en la ecuación para calcular el VPN e igualando a cero se tiene:

$$VPN=0 = -131\,208 - \frac{24\,477}{(1+i)} - \frac{28\,148}{(1+i)^2} - \frac{32\,370}{(1+i)^3} - \frac{37\,226}{(1+i)^4} - \frac{42\,810}{(1+i)^5}$$

Como se puede observar, el miembro derecho de la igualdad anterior siempre es un número negativo no importando el valor que tome "i", de ahí que se pueda afirmar que la empresa no es rentable ope

rando en las condiciones presentadas en la tabla VI. 19, y por lo tanto, el proyecto no tiene tasa interna de retorno (TIR).

Como ya hemos señalado con anterioridad, esto se debe a la limitación en la recolección de cáscara de desecho. Si se tuviera disponibilidad de suficiente cáscara de desecho, el proyecto tendría muchas posibilidades de ser rentable ya que prácticamente todos los costos de producción son fijos (Ver tabla VI.18), lo que es lo mismo, al ser los costos variables despreciables frente a los costos fijos, el proyecto es en gran medida sensible a la variación en el volumen de ventas.

La sensibilidad del proyecto con respecto a la variación del volumen en ventas es suponiendo este y graficarlo contra su valor de TIR correspondiente, calculado a través del procedimiento explicado anteriormente.

La gráfica de volumen de ventas contra TIR se anexa. Fig. VI. 2

TABLA VI.20
(Miles de Pesos)

| Volumen de Ventas (Kg) | V_j | $C_{T_j} + G_j$ | $*T_{X_j}$ | F_{E_j} | TIR % |
|------------------------|---------|-----------------|------------|-----------|-------|
| 1200 | 69 383 | 40 100 | 14 642 | 14 642 | 6 |
| 1300 | 75 165 | 40 100 | 17 532 | 17 532 | 13.5 |
| 1500 | 86 729 | 40 100 | 23 314 | 23 314 | 24.5 |
| 1800 | 104 074 | 40 100 | 31 987 | 31 987 | 40.0 |
| 2500 | 144 548 | 40 100 | 52 224 | 52 224 | 71.0 |

$$*T_{X_j} = (V_j - (C_{T_j} + G_j)) \times 0.50$$

Los demás sumandos (años) del miembro derecho de la igualdad de la ecuación de TIR para el cálculo de esta, fueron obtenidos al igual que en la Tabla VI.19.

La gráfica obtenida presenta una ligera tendencia logarítmica, esto nos indica que a niveles altos de producción la recuperación se hace menor; sin embargo, se puede considerar que el nivel de recuperación es casi directamente proporcional al aumento en el volumen de las ventas de producto terminado y por lo tanto el proyecto puede ser muy poco sensible a cualquier otro factor.

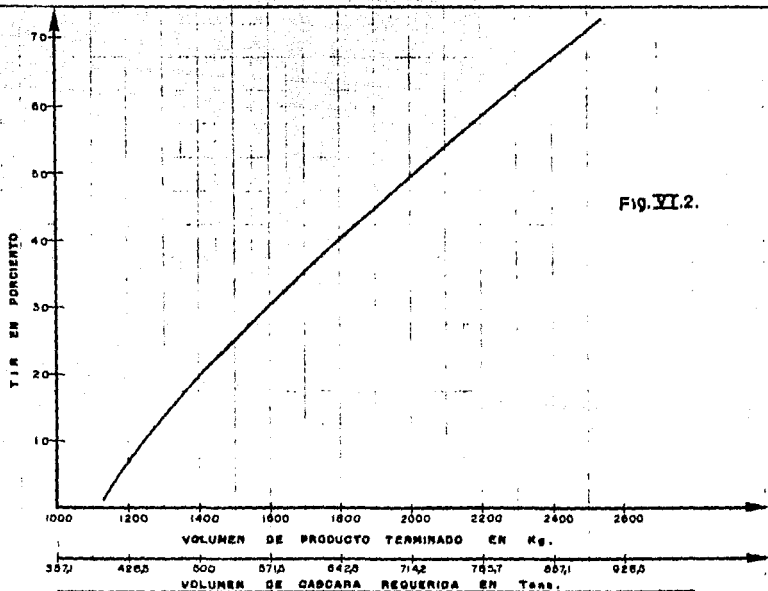


Fig. VI.2.



TESIS PROFESIONAL
 ESTUDIO DE SERBIBILIDAD
 PROYECTO ETEAEL

Aunque lo explicado anteriormente constituya la realidad de nuestro proyecto y demuestre que el hacer un estudio de sensibilidad con respecto a otros factores no procede, a continuación se realizará un estudio completo con el fin de ejemplificar cual sería el comportamiento del proyecto en caso de contar con suficiente cáscara de desecho (1920 Ton/año). Para ello simularemos las condiciones que se presentarían operando la planta al 100% de capacidad en 1 turno (5 376 Kg. de producto terminado/año) y haremos cálculos de TIR variando entre -50% y +50% (% de desviación) las cifras estimadas a pesos constantes para los siguientes factores: mano de obra, inversión fija inicial y volumen de ventas.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla VI.21 y la Fig. VI.3

TABLA VI.21

| % de Desviación | VALOR de TIRen % | | |
|-----------------|------------------|--------------|----------------|
| | Ventas | Mano de Obra | Inversión Fija |
| - 50 | 56 | 113 | 312 |
| - 25 | 80 | 109 | 175 |
| 0 | 106 | 106 | 106 |
| 25 | 130 | 102 | 65 |
| 50 | 155 | 99 | 37 |

Los datos de los cuales se obtuvieron estas TIR se presentan en en la tabla VI.22

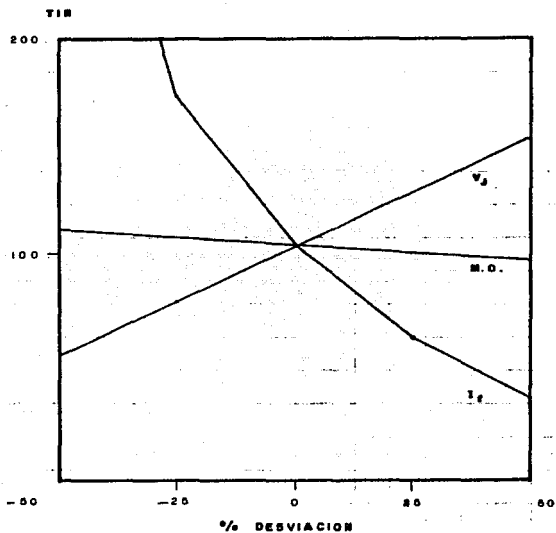


Fig. VI. 3.



TESIS PROFESIONAL

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

PROYECTO ETEAEL

TABLA VI. 22
(Miles de Pesos)

| %Variación | Inversión Fija | V_j | $C_{T_j} + G_j$ | T_{X_j} | F_{E_j} | %TIR | |
|-------------|----------------|---------|-----------------|-----------|-----------|---------|-----|
| M. de Cxra | -50 | 131 208 | 310 834 | 31 322 | 279 512 | 279 512 | 113 |
| | -25 | 131 208 | 310 834 | 35 711 | 2 75 123 | 275 123 | 109 |
| | 0 | 131 208 | 310 834 | 40 100 | 270 734 | 270 734 | 106 |
| | 25 | 131 208 | 310 834 | 44 489 | 266 345 | 266 345 | 102 |
| | 50 | 131 208 | 310 834 | 48 878 | 261 956 | 261 956 | 99 |
| I. Fija | -50 | 60 604 | 310 834 | 40 100 | 270 734 | 270 734 | 312 |
| | -25 | 98 406 | 310 834 | 40 100 | 270 734 | 270 734 | 175 |
| | 0 | 131 208 | 310 834 | 40 100 | 270 734 | 270 734 | 106 |
| | 25 | 164 010 | 310 834 | 40 100 | 270 734 | 270 734 | 65 |
| | 50 | 196 812 | 310 834 | 40 100 | 270 734 | 270 734 | 37 |
| Vol. Ventas | -50 | 131 208 | 155 417 | 35 808 | 59 804 | 59 804 | 56 |
| | -25 | 131 208 | 233 125 | 37 953 | 97 586 | 97 586 | 80 |
| | 0 | 131 208 | 310 834 | 40 100 | 135 367 | 135 367 | 106 |
| | 25 | 131 208 | 388 542 | 42 242 | 173 150 | 173 150 | 130 |
| | 50 | 131 208 | 466 251 | 44 387 | 210 932 | 210 932 | 155 |

7. - Consideraciones Finales.

A pesar de que el proyecto no es rentable con una producción de 270 Kg./año, la fig. VI.1 muestra un punto de equilibrio al vender 748 Kg., lo cual indica la posible viabilidad del proyecto si se aumenta la capacidad de producción.

Para determinar el volumen de ventas o capacidad de producción que sería necesario implementar para hacer de esta planta un buen negocio, compararemos las posibles ganancias contra rendimiento bancario. Así pues, si la inversión fija son 131 millones, estos producirían a un interés de 89% anual un interés total de 116.3 millones al año libres, de ahí que para mejorar este rendimiento la planta requiere ganancias por lo menos de 130 millones de pesos, así pues, el volumen de ventas a alcanzar sería:

(Miles de Pesos)

| | | |
|---|-----------------|----------|
| Pto. de Equilibrio | 43 249 | |
| Ganancia Requerida | <u>1 30 000</u> | |
| TOTAL | <u>173 249</u> | |
| | ===== | |
| Precio por Kg | | 57.8 |
| Volumen de Ventas Requerido (Capacidad de Operación) | | 2 997 Kg |

*Rendimiento bancario Sept. 87

Lo anterior equivaldría a procesar 1152 toneladas de cáscara por año o bien 22,2 Ton/semana. Esta producción es enteramente factible con el equipo instalado, si se contara con disponibilidad de cáscara.

Por otra parte el estudio de sensibilidad real demuestra que el proyecto no es sensible a la variación de ningún otro factor, salvo las ventas.

Si se contara con la suficiente cáscara de desecho (como se ve en la segunda parte del análisis) el proyecto no sería sensible a la variación en mano de obra, relativamente sensible a la variación en ventas y considerablemente sensible a la variación en inversión fija.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES GENERALES

VII. Conclusiones.

Del presente estudio podemos concluir que el aceite esencial de limón centrifugado tipo B tiene un mercado interesante enfocándolo como producto de exportación para la industria cosmética.

El proceso elegido y la planta calculada no presentar problema alguno desde el punto de vista técnico, tanto operacional como de disponibilidad de equipo necesario, sin embargo, la velocidad de los equipos principales, aún los más pequeños de su clase, hacen que la planta esté muy sobrada en capacidad.

Por otra parte el estudio económico demuestra que la operación de la planta es incosteable a menos que procese 22 TON de cáscara de desecho por semana, lo cual rebasa por mucho la disponibilidad de esta.

Así pues, el proyecto no es factible a menos de que se procesen diferentes cáscaras cítricas o se tenga una fuente de cáscara segura, lo cual es bastante improbable ya que las plantaciones procesan fruta en forma integral.

ANEXOS

Apéndice F

Percentila 95 (niveles 0.05), F_{α_1} ,
para la
distribución F

ν_1 grados de libertad en el numerador

ν_2 grados de libertad en el denominador



| $\nu_1 \backslash \nu_2$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | ∞ |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 1 | 161 | 200 | 216 | 225 | 230 | 234 | 237 | 239 | 241 | 242 | 244 | 246 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 |
| 2 | 18.5 | 19.0 | 19.2 | 19.3 | 19.3 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 19.5 |
| 3 | 10.1 | 9.55 | 9.28 | 9.12 | 9.01 | 8.94 | 8.89 | 8.85 | 8.81 | 8.79 | 8.74 | 8.70 | 8.66 | 8.64 | 8.62 | 8.59 | 8.57 | 8.55 | 8.53 |
| 4 | 7.71 | 4.94 | 6.59 | 6.39 | 6.26 | 6.16 | 6.09 | 6.04 | 6.00 | 5.98 | 5.91 | 5.86 | 5.80 | 5.77 | 5.75 | 5.72 | 5.69 | 5.66 | 5.63 |
| 5 | 6.01 | 5.70 | 5.11 | 5.19 | 5.05 | 4.95 | 4.88 | 4.82 | 4.77 | 4.74 | 4.68 | 4.62 | 4.56 | 4.53 | 4.50 | 4.46 | 4.43 | 4.40 | 4.37 |
| 6 | 5.89 | 5.14 | 4.78 | 4.53 | 4.39 | 4.28 | 4.21 | 4.15 | 4.10 | 4.06 | 4.00 | 3.94 | 3.87 | 3.84 | 3.81 | 3.77 | 3.74 | 3.70 | 3.67 |
| 7 | 5.59 | 4.74 | 4.35 | 4.12 | 3.97 | 3.87 | 3.79 | 3.73 | 3.68 | 3.64 | 3.57 | 3.51 | 3.44 | 3.41 | 3.38 | 3.34 | 3.29 | 3.27 | 3.23 |
| 8 | 5.32 | 4.45 | 4.07 | 3.84 | 3.69 | 3.59 | 3.50 | 3.44 | 3.39 | 3.35 | 3.28 | 3.22 | 3.15 | 3.12 | 3.08 | 3.04 | 3.01 | 2.97 | 2.93 |
| 9 | 5.12 | 4.25 | 3.86 | 3.63 | 3.48 | 3.37 | 3.29 | 3.23 | 3.18 | 3.14 | 3.07 | 3.01 | 2.94 | 2.90 | 2.86 | 2.83 | 2.79 | 2.75 | 2.71 |
| 10 | 4.96 | 4.10 | 3.71 | 3.48 | 3.33 | 3.22 | 3.14 | 3.07 | 3.02 | 2.98 | 2.91 | 2.85 | 2.77 | 2.74 | 2.70 | 2.66 | 2.62 | 2.58 | 2.54 |
| 11 | 4.84 | 3.98 | 3.59 | 3.36 | 3.20 | 3.09 | 3.01 | 2.93 | 2.90 | 2.85 | 2.79 | 2.72 | 2.65 | 2.61 | 2.57 | 2.53 | 2.49 | 2.45 | 2.40 |
| 12 | 4.76 | 3.89 | 3.49 | 3.26 | 3.11 | 3.00 | 2.91 | 2.83 | 2.80 | 2.75 | 2.69 | 2.62 | 2.54 | 2.51 | 2.47 | 2.43 | 2.38 | 2.34 | 2.30 |
| 13 | 4.67 | 3.81 | 3.41 | 3.18 | 3.03 | 2.92 | 2.83 | 2.77 | 2.71 | 2.67 | 2.60 | 2.53 | 2.46 | 2.42 | 2.38 | 2.34 | 2.30 | 2.25 | 2.21 |
| 14 | 4.60 | 3.74 | 3.34 | 3.11 | 2.96 | 2.85 | 2.76 | 2.70 | 2.65 | 2.60 | 2.53 | 2.46 | 2.39 | 2.35 | 2.31 | 2.27 | 2.22 | 2.18 | 2.13 |
| 15 | 4.54 | 3.68 | 3.29 | 3.06 | 2.90 | 2.79 | 2.71 | 2.64 | 2.59 | 2.54 | 2.47 | 2.40 | 2.33 | 2.29 | 2.25 | 2.20 | 2.16 | 2.11 | 2.07 |
| 16 | 4.49 | 3.63 | 3.24 | 3.01 | 2.85 | 2.74 | 2.66 | 2.60 | 2.54 | 2.49 | 2.42 | 2.35 | 2.29 | 2.24 | 2.19 | 2.15 | 2.11 | 2.06 | 2.01 |
| 17 | 4.45 | 3.59 | 3.20 | 2.96 | 2.81 | 2.70 | 2.61 | 2.55 | 2.49 | 2.45 | 2.38 | 2.31 | 2.23 | 2.19 | 2.15 | 2.10 | 2.06 | 2.01 | 1.96 |
| 18 | 4.41 | 3.55 | 3.16 | 2.93 | 2.77 | 2.66 | 2.58 | 2.51 | 2.46 | 2.41 | 2.34 | 2.27 | 2.19 | 2.15 | 2.11 | 2.06 | 2.02 | 1.97 | 1.92 |
| 19 | 4.38 | 3.52 | 3.13 | 2.90 | 2.74 | 2.63 | 2.54 | 2.48 | 2.42 | 2.38 | 2.31 | 2.23 | 2.16 | 2.11 | 2.07 | 2.03 | 1.98 | 1.93 | 1.88 |
| 20 | 4.35 | 3.49 | 3.10 | 2.87 | 2.71 | 2.60 | 2.51 | 2.45 | 2.39 | 2.35 | 2.28 | 2.20 | 2.13 | 2.08 | 2.04 | 1.99 | 1.95 | 1.90 | 1.84 |
| 21 | 4.32 | 3.47 | 3.07 | 2.84 | 2.68 | 2.57 | 2.49 | 2.42 | 2.37 | 2.32 | 2.25 | 2.18 | 2.10 | 2.05 | 2.01 | 1.96 | 1.92 | 1.87 | 1.81 |
| 22 | 4.30 | 3.44 | 3.05 | 2.82 | 2.66 | 2.55 | 2.46 | 2.40 | 2.34 | 2.30 | 2.23 | 2.16 | 2.07 | 2.03 | 1.98 | 1.94 | 1.89 | 1.84 | 1.78 |
| 23 | 4.28 | 3.42 | 3.03 | 2.80 | 2.64 | 2.53 | 2.44 | 2.37 | 2.32 | 2.27 | 2.20 | 2.13 | 2.05 | 2.01 | 1.96 | 1.91 | 1.86 | 1.81 | 1.76 |
| 24 | 4.26 | 3.40 | 3.01 | 2.78 | 2.62 | 2.51 | 2.42 | 2.36 | 2.30 | 2.25 | 2.18 | 2.11 | 2.03 | 1.98 | 1.94 | 1.89 | 1.84 | 1.79 | 1.73 |
| 25 | 4.24 | 3.39 | 2.99 | 2.76 | 2.60 | 2.49 | 2.40 | 2.34 | 2.28 | 2.24 | 2.16 | 2.09 | 2.01 | 1.96 | 1.92 | 1.87 | 1.82 | 1.77 | 1.71 |
| 26 | 4.23 | 3.37 | 2.98 | 2.74 | 2.59 | 2.47 | 2.39 | 2.32 | 2.27 | 2.22 | 2.15 | 2.07 | 1.99 | 1.95 | 1.90 | 1.85 | 1.80 | 1.75 | 1.69 |
| 27 | 4.21 | 3.35 | 2.96 | 2.73 | 2.57 | 2.46 | 2.37 | 2.31 | 2.25 | 2.20 | 2.13 | 2.06 | 1.97 | 1.93 | 1.88 | 1.84 | 1.79 | 1.73 | 1.67 |
| 28 | 4.20 | 3.34 | 2.95 | 2.71 | 2.56 | 2.45 | 2.36 | 2.29 | 2.24 | 2.19 | 2.12 | 2.04 | 1.96 | 1.91 | 1.87 | 1.82 | 1.77 | 1.71 | 1.65 |
| 29 | 4.18 | 3.33 | 2.93 | 2.70 | 2.55 | 2.43 | 2.35 | 2.28 | 2.22 | 2.18 | 2.10 | 2.03 | 1.94 | 1.90 | 1.85 | 1.81 | 1.75 | 1.70 | 1.64 |
| 30 | 4.17 | 3.32 | 2.92 | 2.69 | 2.53 | 2.42 | 2.33 | 2.27 | 2.21 | 2.16 | 2.09 | 2.01 | 1.93 | 1.89 | 1.84 | 1.79 | 1.73 | 1.68 | 1.62 |
| 40 | 4.08 | 3.23 | 2.84 | 2.61 | 2.45 | 2.34 | 2.25 | 2.18 | 2.12 | 2.08 | 2.00 | 1.92 | 1.84 | 1.79 | 1.74 | 1.69 | 1.64 | 1.58 | 1.51 |
| 60 | 4.00 | 3.16 | 2.76 | 2.53 | 2.37 | 2.25 | 2.17 | 2.10 | 2.04 | 1.99 | 1.92 | 1.84 | 1.75 | 1.70 | 1.65 | 1.59 | 1.53 | 1.47 | 1.39 |
| 120 | 3.92 | 3.07 | 2.68 | 2.45 | 2.29 | 2.18 | 2.09 | 2.02 | 1.96 | 1.91 | 1.83 | 1.75 | 1.66 | 1.61 | 1.55 | 1.50 | 1.43 | 1.35 | 1.25 |
| ∞ | 3.84 | 3.00 | 2.60 | 2.37 | 2.21 | 2.10 | 2.01 | 1.94 | 1.88 | 1.83 | 1.75 | 1.67 | 1.57 | 1.52 | 1.46 | 1.39 | 1.32 | 1.22 | 1.00 |

Fuente: E. S. Pearson y H. O. Hartley, *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. 2 (1972), Tabla 5, página 178, con permiso de los autores y editores.

APENDICE F

Percentile 99 (Inverso 0.01), F_{α} ,

para la
distribución F'

v_1 grados de libertad en el numerador

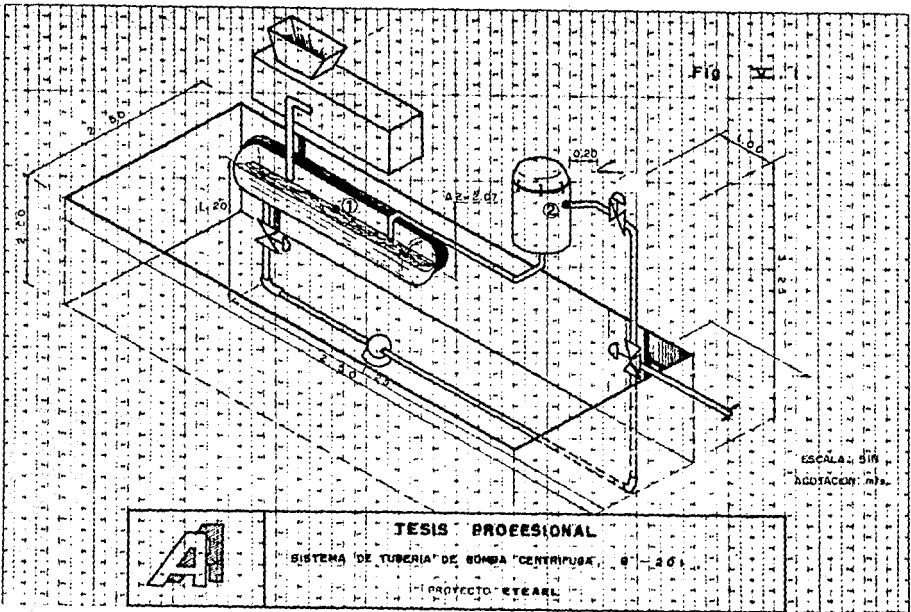
v_2 grados de libertad en el denominador



| $v_1 \backslash v_2$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | ∞ | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|------|
| 1 | 4062 | 5000 | 5402 | 5625 | 5764 | 5859 | 5928 | 5981 | 6023 | 6056 | 6086 | 6117 | 6149 | 6182 | 6215 | 6251 | 6287 | 6313 | 6339 | 6365 |
| 2 | 98.5 | 99.0 | 99.2 | 99.2 | 99.3 | 99.3 | 99.4 | 99.4 | 99.4 | 99.4 | 99.4 | 99.4 | 99.4 | 99.4 | 99.5 | 99.5 | 99.5 | 99.5 | 99.5 | 99.5 |
| 3 | 34.1 | 30.6 | 29.5 | 28.7 | 28.2 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.3 | 27.2 | 27.1 | 26.9 | 26.7 | 26.6 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.2 | 26.1 |
| 4 | 21.2 | 18.0 | 16.7 | 16.0 | 15.5 | 15.2 | 15.0 | 14.8 | 14.7 | 14.5 | 14.4 | 14.2 | 14.0 | 13.9 | 13.8 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.5 | 13.5 |
| 5 | 16.3 | 13.3 | 12.1 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.2 | 10.1 | 9.9 | 9.7 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.1 | 9.0 |
| 6 | 13.7 | 10.9 | 9.7 | 9.1 | 8.7 | 8.4 | 8.2 | 8.0 | 7.9 | 7.7 | 7.6 | 7.4 | 7.3 | 7.2 | 7.1 | 7.1 | 7.0 | 7.0 | 6.9 | 6.8 |
| 7 | 12.2 | 9.5 | 8.4 | 7.8 | 7.4 | 7.1 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.5 | 6.4 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.9 | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 5.6 |
| 8 | 11.3 | 8.6 | 7.5 | 7.0 | 6.6 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 5.0 | 4.9 | 4.8 |
| 9 | 10.6 | 8.0 | 6.9 | 6.4 | 6.0 | 5.7 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.1 | 4.9 | 4.8 | 4.7 | 4.6 | 4.6 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 4.3 |
| 10 | 10.0 | 7.5 | 6.5 | 5.9 | 5.6 | 5.3 | 5.2 | 5.0 | 4.9 | 4.8 | 4.7 | 4.5 | 4.4 | 4.3 | 4.2 | 4.2 | 4.1 | 4.1 | 4.0 | 3.9 |
| 11 | 9.45 | 7.21 | 6.22 | 5.67 | 5.32 | 5.07 | 4.89 | 4.74 | 4.63 | 4.54 | 4.40 | 4.25 | 4.10 | 4.02 | 3.94 | 3.86 | 3.78 | 3.70 | 3.60 | 3.51 |
| 12 | 9.33 | 6.98 | 5.95 | 5.41 | 5.06 | 4.82 | 4.64 | 4.50 | 4.39 | 4.30 | 4.18 | 4.01 | 3.86 | 3.78 | 3.70 | 3.62 | 3.54 | 3.45 | 3.36 | 3.26 |
| 13 | 9.07 | 6.70 | 5.74 | 5.21 | 4.86 | 4.62 | 4.44 | 4.30 | 4.19 | 4.10 | 3.96 | 3.82 | 3.66 | 3.59 | 3.51 | 3.43 | 3.35 | 3.27 | 3.18 | 3.09 |
| 14 | 8.96 | 6.51 | 5.56 | 5.04 | 4.70 | 4.46 | 4.28 | 4.14 | 4.03 | 3.94 | 3.80 | 3.66 | 3.51 | 3.43 | 3.35 | 3.27 | 3.18 | 3.09 | 3.00 | 2.91 |
| 15 | 8.98 | 6.36 | 5.42 | 4.89 | 4.56 | 4.32 | 4.14 | 4.00 | 3.89 | 3.80 | 3.67 | 3.52 | 3.37 | 3.29 | 3.21 | 3.13 | 3.05 | 2.96 | 2.87 | 2.78 |
| 16 | 8.83 | 6.23 | 5.29 | 4.77 | 4.44 | 4.20 | 4.03 | 3.89 | 3.78 | 3.69 | 3.55 | 3.41 | 3.26 | 3.18 | 3.10 | 3.02 | 2.93 | 2.84 | 2.75 | 2.66 |
| 17 | 8.40 | 6.11 | 5.19 | 4.67 | 4.34 | 4.10 | 3.93 | 3.79 | 3.68 | 3.59 | 3.45 | 3.31 | 3.16 | 3.08 | 3.00 | 2.92 | 2.83 | 2.75 | 2.65 | 2.56 |
| 18 | 8.29 | 6.01 | 5.09 | 4.58 | 4.25 | 4.01 | 3.85 | 3.71 | 3.60 | 3.51 | 3.37 | 3.23 | 3.08 | 3.00 | 2.92 | 2.84 | 2.75 | 2.66 | 2.57 | 2.48 |
| 19 | 8.18 | 5.82 | 5.01 | 4.50 | 4.17 | 3.94 | 3.77 | 3.63 | 3.52 | 3.43 | 3.30 | 3.15 | 3.00 | 2.92 | 2.84 | 2.76 | 2.67 | 2.58 | 2.49 | 2.40 |
| 20 | 8.10 | 5.85 | 4.94 | 4.43 | 4.10 | 3.87 | 3.70 | 3.56 | 3.46 | 3.37 | 3.23 | 3.09 | 2.94 | 2.86 | 2.78 | 2.69 | 2.61 | 2.52 | 2.43 | 2.34 |
| 21 | 8.02 | 5.79 | 4.87 | 4.37 | 4.04 | 3.81 | 3.64 | 3.51 | 3.40 | 3.31 | 3.17 | 3.03 | 2.88 | 2.80 | 2.72 | 2.64 | 2.55 | 2.46 | 2.37 | 2.28 |
| 22 | 7.95 | 5.72 | 4.82 | 4.31 | 3.99 | 3.76 | 3.59 | 3.45 | 3.35 | 3.26 | 3.12 | 2.98 | 2.83 | 2.75 | 2.67 | 2.58 | 2.50 | 2.40 | 2.31 | 2.22 |
| 23 | 7.88 | 5.66 | 4.76 | 4.26 | 3.94 | 3.71 | 3.54 | 3.41 | 3.30 | 3.21 | 3.07 | 2.93 | 2.78 | 2.70 | 2.62 | 2.54 | 2.45 | 2.36 | 2.27 | 2.18 |
| 24 | 7.82 | 5.61 | 4.72 | 4.22 | 3.90 | 3.67 | 3.50 | 3.36 | 3.26 | 3.17 | 3.03 | 2.89 | 2.74 | 2.66 | 2.58 | 2.49 | 2.40 | 2.31 | 2.21 | 2.12 |
| 25 | 7.77 | 5.57 | 4.68 | 4.18 | 3.86 | 3.63 | 3.46 | 3.32 | 3.22 | 3.13 | 2.99 | 2.85 | 2.70 | 2.62 | 2.54 | 2.45 | 2.36 | 2.27 | 2.17 | 2.08 |
| 26 | 7.72 | 5.53 | 4.64 | 4.14 | 3.82 | 3.59 | 3.42 | 3.29 | 3.18 | 3.09 | 2.95 | 2.82 | 2.66 | 2.58 | 2.50 | 2.42 | 2.33 | 2.23 | 2.14 | 2.05 |
| 27 | 7.68 | 5.49 | 4.60 | 4.11 | 3.78 | 3.55 | 3.39 | 3.26 | 3.15 | 3.06 | 2.93 | 2.78 | 2.63 | 2.55 | 2.47 | 2.38 | 2.29 | 2.20 | 2.10 | 2.01 |
| 28 | 7.64 | 5.45 | 4.57 | 4.07 | 3.75 | 3.53 | 3.36 | 3.23 | 3.12 | 3.03 | 2.90 | 2.75 | 2.60 | 2.52 | 2.44 | 2.35 | 2.26 | 2.17 | 2.08 | 1.99 |
| 29 | 7.60 | 5.42 | 4.54 | 4.04 | 3.73 | 3.50 | 3.34 | 3.20 | 3.09 | 3.00 | 2.87 | 2.73 | 2.57 | 2.49 | 2.41 | 2.32 | 2.23 | 2.14 | 2.05 | 1.96 |
| 30 | 7.56 | 5.39 | 4.51 | 4.02 | 3.70 | 3.47 | 3.30 | 3.17 | 3.07 | 2.98 | 2.84 | 2.70 | 2.55 | 2.47 | 2.39 | 2.30 | 2.21 | 2.11 | 2.01 | 1.92 |
| 40 | 7.31 | 5.18 | 4.31 | 3.83 | 3.51 | 3.29 | 3.12 | 2.99 | 2.89 | 2.80 | 2.66 | 2.52 | 2.37 | 2.29 | 2.20 | 2.11 | 2.02 | 1.92 | 1.80 | 1.70 |
| 60 | 7.08 | 4.98 | 4.13 | 3.65 | 3.34 | 3.12 | 2.95 | 2.82 | 2.72 | 2.63 | 2.50 | 2.35 | 2.20 | 2.12 | 2.03 | 1.94 | 1.84 | 1.74 | 1.60 | 1.50 |
| 120 | 6.85 | 4.79 | 3.95 | 3.48 | 3.17 | 2.96 | 2.79 | 2.66 | 2.56 | 2.47 | 2.34 | 2.19 | 2.03 | 1.95 | 1.86 | 1.76 | 1.66 | 1.53 | 1.38 | 1.28 |
| ∞ | 6.63 | 4.61 | 3.78 | 3.32 | 3.02 | 2.80 | 2.64 | 2.51 | 2.41 | 2.32 | 2.18 | 2.04 | 1.88 | 1.79 | 1.70 | 1.59 | 1.47 | 1.32 | 1.00 | 0.90 |

Fuente: E.S. Pearson y H.O. Hartley, *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. 2 (1972), Tabla 5, páginas 180, con permiso de los autores y editores.

ISOMETRIC



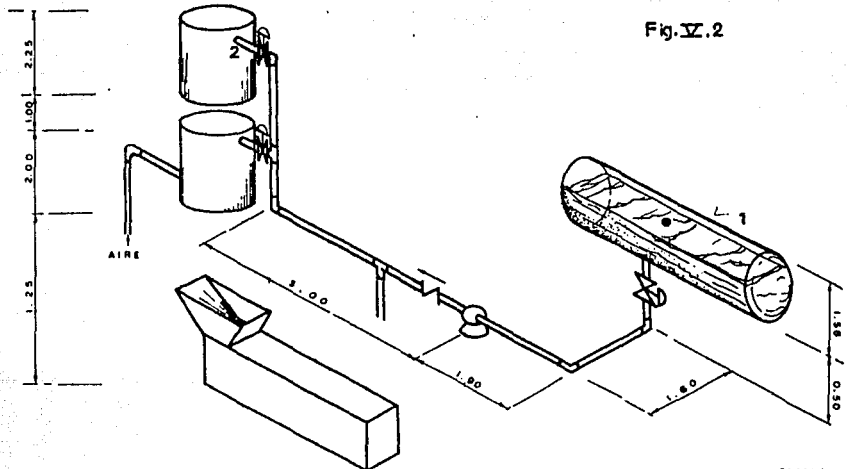


Fig. V.2

ESCALA. SIN.
ACOTACION. MTS.

| | |
|---|---|
|  | <p>TESIS PROFESIONAL</p> <p>SISTEMA DE TUBERIA PARA BOMBA CENTRIFUGA B-101</p> <p>PROYECTO ETHEL</p> |
|---|---|

Cálculo de NPSH de bombas (a partir de Isométricos)

Bomba B-201

$$NPSH = \frac{P_{atm.} - P_L^0}{\rho} + Z - h_{fs}$$

de donde:

$P_{atm.}$ = Presión en la sup. del líquido en el recipiente.
 en este caso es la atmosférica.

P_L^0 = Presión de Vapor del líquido a bombear a la temperatura correspondiente.

ρ = Densidad del líquido a bombear.

Z = Diferencia de altura entre la superficie libre del líquido y la succión de la bomba.

h_{fs} = Pérdidas por Fricción.

$$P_{atm.} = 14.7 \text{ lb/in}^2 = 2116.8 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_L^0 = 0.5 \text{ lb/in}^2 = 72 \text{ lb/ft}^2 \text{ a } 77^\circ\text{F para el agua.}$$

$$Z = 4 \text{ ft.}$$

$$\rho = 62.3 \text{ lb/ft}^3$$

para conocer el h_{fs} recurrirnos al isométrico correspondiente.:

| Descripción | Nº | DI | L/D | L_{eq} |
|--------------------|----|--------|-------|----------------|
| Descarga de Tanque | 1, | 0.0687 | K=0.5 | 0.8 |
| Tubería Recta | 6 | 0.0687 | 1 | 6.0 |
| Válvula de Globo | 1 | 0.0687 | 340 | 23.3 |
| Codo 90º | 1 | 0.0687 | 30 | 2.1 |
| | | | | <u>32.2ft.</u> |

Por lo tanto:

$$h_{fs} = \frac{(0.043) (6)^2 (32.2)}{2 (32.2) (0.0680)} = 11.26 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

finalmente se tiene:

$$NPSH_{req.} = \frac{2116.8 - 72}{62.3} + 4 - 11.26 = \underline{\underline{25.56 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}}}$$

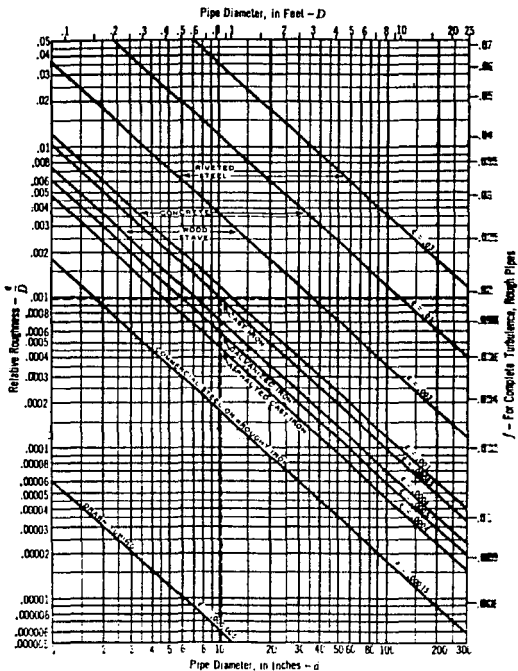
Bomba B-101. Siguiendo el mismo procedimiento se tiene:

| Descripción | Nº | DI | L/D | L_{eq} |
|---------------------|----|--------|-----|-----------------|
| Descarga del Tanque | 1 | 0.1722 | 1 | 2.7 |
| Tubería Recta | 10 | 0.1722 | 1 | 10.0 |
| Válvula Globo | 1 | 0.1722 | 340 | 58.5 |
| Codo 90º | 2 | 0.1722 | 30 | 10.3 |
| | | | | <u>81.5 ft.</u> |

$$h_{fs} = \frac{(0.032) (6)^2 (81.5)}{2 (32.2) (0.1722)} = 8.47 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}$$

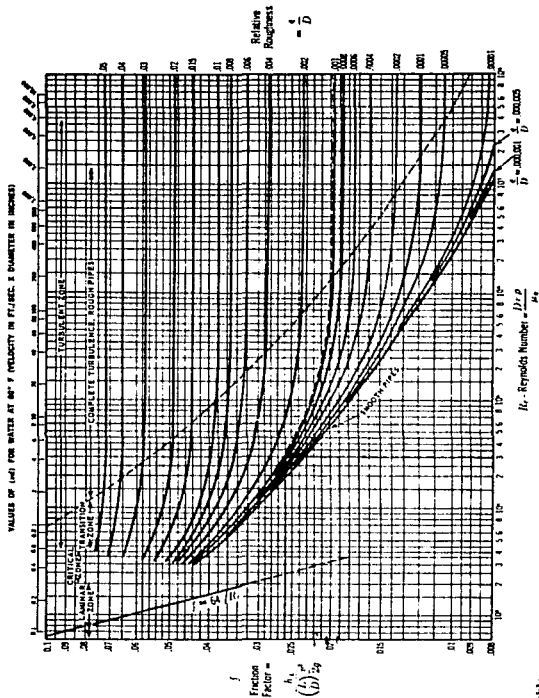
$$NPSH_{req.} = \frac{2116.8 - 72}{62.3} + 7 - 8.47 = \underline{\underline{31.35 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{lb}_m}}}$$

Relative Roughness of Pipe Materials and Friction Factors For Complete Turbulence¹⁴



Data extracted from *Friction Factors for Pipe Flow* by F. Moody, with permission of its publisher. The complete contents of *Moody's Dictionary of Mechanical Engineering*, 24 West 100th Street, New York, N.Y.

Problem: Determine absolute and relative roughness and friction factor for fully turbulent flow in 10-inch cast iron pipe ($\epsilon = 10 \text{ ft}^6$).
Solution: Absolute roughness $\epsilon = 0.0008$... Relative roughness $\frac{\epsilon}{D} = 0.0008$... Friction factor at fully turbulent flow $f = 0.0196$

Friction Factors for Any Type of Commercial Pipe¹

Problem: Determine the friction factor for 10-inch cast iron pipe (10 in ID) at a Reynolds number flow of 10,000.

Solution: The relative roughness (see page A-31) is 0.001. Then, the friction factor (f) equals 0.018.

Commercial Wrought Steel Pipe Data (Per ASA B36.10-1950)

| Nominal Pipe Size Inches | Outside Diameter Inches | Thick- ness Inches | Inside Diameter | | Inside Diameter Functions | | | | Transverse Internal Area | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|-----------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|---------|
| | | | d Inches | D Feet | d ² | d ³ | d ⁴ | d ⁵ | Sq. In. | Sq. Ft. |
| Standard Wall Pipe | | | | | | | | | | |
| 1/4 | 0.405 | 0.068 | 0.269 | 0.0234 | 0.0274 | 0.0195 | 0.00624 | 0.00141 | 0.057 | 0.00040 |
| 1/4 | 0.540 | 0.088 | 0.364 | 0.0303 | 0.1325 | 0.0482 | 0.01756 | 0.00639 | 0.104 | 0.00372 |
| 3/8 | 0.675 | 0.091 | 0.493 | 0.0411 | 0.2430 | 0.1198 | 0.05905 | 0.02912 | 0.191 | 0.01333 |
| 1/2 | 0.840 | 0.109 | 0.612 | 0.0518 | 0.3869 | 0.2406 | 0.1497 | 0.0931 | 0.304 | 0.02111 |
| 1/2 | 1.050 | 0.113 | 0.816 | 0.0687 | 0.6379 | 0.5595 | 0.4610 | 0.3799 | 0.533 | 0.03371 |
| 3/4 | 1.315 | 0.133 | 1.049 | 0.0874 | 1.100 | 1.154 | 1.310 | 1.270 | 0.864 | 0.06060 |
| 1 | 1.660 | 0.140 | 1.380 | 0.1150 | 1.904 | 2.628 | 3.625 | 5.005 | 1.495 | 0.10490 |
| 1 1/4 | 1.900 | 0.145 | 1.610 | 0.1341 | 2.592 | 4.173 | 6.718 | 10.82 | 2.036 | 0.14144 |
| 1 1/2 | 2.375 | 0.184 | 2.067 | 0.1722 | 4.272 | 8.821 | 18.250 | 37.72 | 3.355 | 0.21330 |
| 1 3/4 | 2.825 | 0.203 | 2.469 | 0.2057 | 6.096 | 15.051 | 37.151 | 91.75 | 4.784 | 0.3312 |
| 2 | 3.500 | 0.216 | 3.068 | 0.2557 | 9.413 | 28.878 | 88.605 | 171.8 | 7.393 | 0.51310 |
| 2 1/2 | 4.000 | 0.226 | 3.548 | 0.2957 | 12.59 | 44.663 | 158.51 | 562.2 | 9.886 | 0.68470 |
| 3 | 4.500 | 0.237 | 4.026 | 0.3355 | 16.31 | 63.256 | 261.76 | 1068. | 12.730 | 0.88540 |
| 4 | 5.563 | 0.268 | 5.047 | 0.4206 | 25.47 | 128.56 | 648.27 | 2375. | 20.006 | 1.190 |
| 6 | 6.625 | 0.280 | 6.065 | 0.5054 | 36.78 | 213.10 | 1351.8 | 4706. | 28.091 | 1.906 |
| 8 | 8.625 | 0.277 | 8.071 | 0.6215 | 65.14 | 525.75 | 4143.0 | 34148. | 61.161 | 3.553 |
| 8 | 8.618S | 0.272 | 7.961 | 0.6651 | 63.70 | 508.36 | 4057.7 | 31380. | 50.027 | 3.174 |
| 10 | 10.75 | 0.279 | 10.192 | 0.8493 | 103.80 | 1058.7 | 10789. | 109875. | 81.565 | 5.566 |
| 10 | 10.75 | 0.307 | 10.136 | 0.8446 | 102.74 | 1041.4 | 10555. | 106987. | 80.691 | 5.504 |
| 10 | 10.75S | 0.365 | 10.070 | 0.8350 | 100.4 | 1006.0 | 10060. | 101000. | 78.855 | 5.475 |
| 12 | 12.75 | 0.330 | 12.090 | 1.0075 | 146.17 | 1767.2 | 21366. | 258300. | 116.80 | 7.972 |
| 12 | 12.75S | 0.375 | 12.000 | 1.000 | 144.0 | 1728.0 | 20736. | 248500. | 113.10 | 7.854 |
| Extra Strong Pipe | | | | | | | | | | |
| 1/4 | 0.405 | 0.095 | 0.215 | 0.0179 | 0.0462 | 0.00994 | 0.002134 | 0.000459 | 0.036 | 0.00015 |
| 1/4 | 0.540 | 0.119 | 0.302 | 0.0252 | 0.0912 | 0.0275 | 0.008317 | 0.002513 | 0.072 | 0.00050 |
| 3/8 | 0.675 | 0.126 | 0.423 | 0.0353 | 0.1789 | 0.0757 | 0.02101 | 0.01354 | 0.141 | 0.00309 |
| 1/2 | 0.840 | 0.147 | 0.546 | 0.0455 | 0.2981 | 0.1628 | 0.06656 | 0.04652 | 0.234 | 0.01013 |
| 1/2 | 1.050 | 0.154 | 0.743 | 0.0618 | 0.5506 | 0.4085 | 0.3032 | 0.2249 | 0.433 | 0.03030 |
| 3/4 | 1.315 | 0.179 | 0.957 | 0.0797 | 0.9158 | 0.8765 | 0.8387 | 0.6017 | 0.719 | 0.04949 |
| 1 | 1.660 | 0.191 | 1.278 | 0.1063 | 1.633 | 2.067 | 2.6667 | 3.409 | 1.283 | 0.08991 |
| 1 1/4 | 1.900 | 0.200 | 1.500 | 0.1250 | 2.250 | 3.375 | 5.062 | 7.594 | 1.767 | 0.12125 |
| 1 1/2 | 2.375 | 0.218 | 1.939 | 0.1616 | 3.760 | 7.790 | 14.136 | 27.41 | 2.953 | 0.19350 |
| 1 3/4 | 2.825 | 0.226 | 2.323 | 0.1926 | 5.396 | 12.536 | 29.117 | 67.64 | 4.338 | 0.2942 |
| 2 | 3.500 | 0.240 | 2.900 | 0.2412 | 8.410 | 24.389 | 79.728 | 205.1 | 6.605 | 0.4537 |
| 2 1/2 | 4.000 | 0.248 | 3.364 | 0.2803 | 11.32 | 38.069 | 128.14 | 430.8 | 8.888 | 0.6170 |
| 3 | 4.500 | 0.257 | 3.826 | 0.3188 | 14.64 | 56.006 | 214.33 | 819.8 | 11.497 | 0.7966 |
| 4 | 5.563 | 0.275 | 4.813 | 0.4011 | 23.16 | 111.49 | 536.6 | 2583. | 18.194 | 1.283 |
| 6 | 6.625 | 0.323 | 6.261 | 0.6001 | 32.19 | 191.70 | 1151.6 | 6346. | 26.967 | 1.818 |
| 8 | 8.625 | 0.500 | 7.625 | 0.6354 | 58.14 | 443.32 | 3380.3 | 15775. | 45.963 | 3.171 |
| 10 | 10.75 | 0.500 | 9.750 | 0.8125 | 95.06 | 926.86 | 9036.4 | 88110. | 74.661 | 5.183 |
| 12 | 12.75 | 0.500 | 11.750 | 0.9292 | 138.1 | 1612.2 | 19072. | 222970. | 108.434 | 7.575 |
| Double Extra Strong Pipe | | | | | | | | | | |
| 1/4 | 0.840 | 0.294 | 0.253 | 0.0210 | 0.0635 | 0.0160 | 0.004032 | 0.00102 | 0.050 | 0.00015 |
| 1/4 | 1.050 | 0.308 | 0.434 | 0.0361 | 0.1886 | 0.0817 | 0.03549 | 0.01540 | 0.148 | 0.00103 |
| 3/8 | 1.315 | 0.338 | 0.599 | 0.0499 | 0.3588 | 0.2149 | 0.1287 | 0.07711 | 0.281 | 0.00196 |
| 1/2 | 1.660 | 0.382 | 0.896 | 0.0747 | 0.8028 | 0.7193 | 0.6445 | 0.5775 | 0.830 | 0.00838 |
| 1 1/4 | 1.900 | 0.400 | 1.100 | 0.0917 | 1.210 | 1.331 | 1.4641 | 1.611 | 0.950 | 0.00640 |
| 1 1/2 | 2.375 | 0.436 | 1.503 | 0.1252 | 2.259 | 3.385 | 5.1031 | 7.670 | 1.774 | 0.0210 |
| 1 3/4 | 2.875 | 0.552 | 1.771 | 0.1476 | 3.136 | 5.554 | 9.8345 | 17.42 | 2.464 | 0.03710 |
| 2 | 3.500 | 0.600 | 2.300 | 0.1917 | 5.290 | 12.167 | 37.964 | 64.36 | 4.155 | 0.08845 |
| 2 1/2 | 4.000 | 0.626 | 2.718 | 0.2274 | 7.441 | 16.302 | 58.383 | 151.1 | 5.848 | 0.06619 |
| 3 | 4.500 | 0.674 | 3.152 | 0.2627 | 9.935 | 31.315 | 98.704 | 311.1 | 7.801 | 0.05419 |
| 4 | 5.563 | 0.750 | 4.063 | 0.3386 | 16.51 | 67.072 | 222.58 | 1107. | 12.966 | 0.0906 |
| 6 | 6.625 | 0.864 | 4.897 | 0.6081 | 33.98 | 117.43 | 575.04 | 2816. | 18.835 | 0.1306 |
| 8 | 8.625 | 0.828 | 6.875 | 0.5729 | 47.27 | 214.95 | 2234.4 | 15360. | 37.122 | 0.2578 |

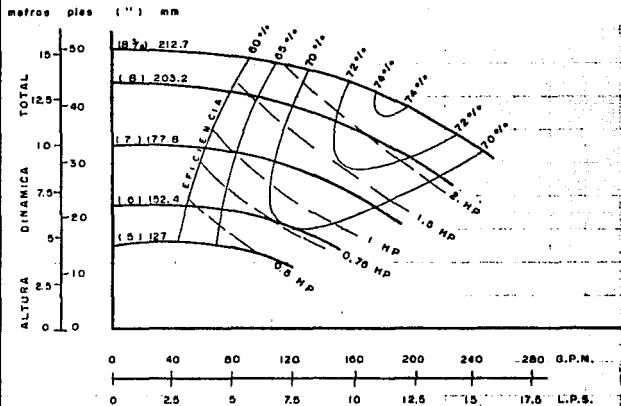


Fig. V 3



TESIS PROFESIONAL

CURVA DE OPERACION DE BOMBA CENTRIFUGA
 MOD. 6850 A 2 FAIRBANKS MORSE.
 PROYECTO ETEAEL

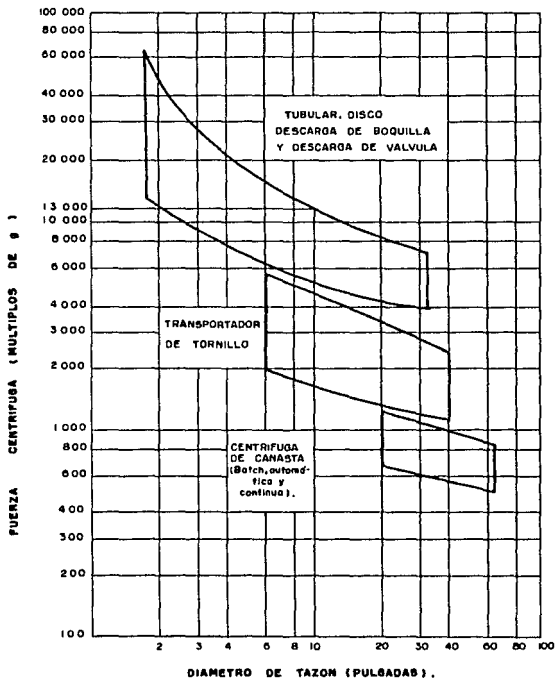


Fig. V.4



TESIS PROFESIONAL

VARIACION DE LA FUERZA CENTRIFUGA CON RESPECTO AL DIAMETRO EN CENTRIFUGAS INDUSTRIALES.

PROYECTO **ETECEL**

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1 Aceites Esenciales
Ernest Guenther
Vols. 1,3. D'Van nostrand Co., Inc.
New York, 1960.
- 2 Consideraciones Técnicas en Filtración
Eduardo / Daniel Arciniega García
Tesis 1975, U.N.A.M.
- 3 Culligan Catalog N° 8170-25
Culligan Co. (Industrias Mass, S.A.)
Tlalnepantla. Edo. de México.
- 4 Chemical Engineering Drawing Symbols
John Wiley and Sons. Publishing Co.
D. G. Austin, New York.
- 5 Chemical Marketiny Reporter
Oil, Pait and Drug Reporter. OPD.
Schnell Publishing Co. Inc.
March. 1987.
- 6 Distribución de Planta
Artículo-Revista del Programa de Apoyo
Integral a la Pequeña y Mediana Industria
(PAI).
- 7 El Aceite Esencial de Limón Mexicano
(Citrus aurantifolia Swingle)
Luis Haro Guzmán
Tesis 1969, U.N.A.M.
- 8 Estadística Matemática
Erwin Kreyszig
Sexta Edición. Jhon Wiley and Sons, Inc.
1982.

- 9 Flow offluids Through Valves, Fitting and pipe Crane Co.
Technical Paper N° 410.
- 10 Industrialización del Limón
Catálogo "Plantas Paquete" de Industria Yedinsvo
Yugoslavia, 1982.
- 11 Manual de Fórmulas Técnicas
Kurt Greck.
XVII Edición. Representaciones y
Servicios de Ingeniería, S.
- 12 Manual del Ingeniero Químico
Robert H. Perry-Cecil H. Chilton
Quinta Edición. Segunda Edición en Español
Mc. Graw-Hill, 1982.
- 13 Principios de Operaciones Unitarias
Foust-Wencel
Catorceava Impresión.
C.E.C.S.A., 1982.
- 14 Probabilidad y Estadística
Murray R. Spiegel
Reimpresión de 1° Ed. 1975
Mc. Graw-Hill Book Co., 1982.
- 15 Process Equipment Design
Brownell and Young
John Willey and Sons Co.
- 16 Recuperación de Aceites Cítricos
Catálogo F.M.C. Boletín Técnico N° 155.
- 17 The Volatile Oils
E. Gildemeister - F. Hoffman
Tercera Edición
New York, 1960.

18 Unit Operations of chemical Engineering
Mc. Cabe-Smith
Tercera Edición en Inglés.
Mc. Graw-Hill Kogarusha, LTD., 1976

Material de Apoyo
(Apuntes).

- Diseño de Equipo
Prof. Adalberto Tirado Arroyave.
Sem. 1-85
Fac. de Química, U.N.A.M.

- Estadística II
Prof. Guillermo Molina Gomez.
Sem. 1-84
Fac. de Química, U.N.A.M.

- Ingeniería Económica II
Prof. Jorge Issac Hernández Velasco.
Sem. 1-85
Fac. de Química, U.N.A.M.

- Ingeniería de Proceso
Prof. Claudio Aguilar Martínez.
Sem. 1-85
Fac. de Química, U.N.A.M.

- Ingeniería Química III (Flujo de Fluidos)
Prof. Claudio Aguilar Martínez.
Sem. 1-84
Fac. de Química, U.N.A.M.